

REABILITAÇÃO DE MORADIA EM CELORICO DE BASTO – ESTUDO DE CASO

PEDRO SÉRGIO MOTA E SILVA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor Doutor José Manuel Marques Amorim de
Araújo Faria

JANEIRO DE 2020

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2019/2020

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446



miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440



feup@fe.up.pt



<http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2019/2020 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2020.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

À minha família,

“The divine gift does not come from a higher power but from our own minds.”

Dr. Robert Ford - Westworld

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, um sincero agradecimento ao Professor Amorim Faria pela total disponibilidade demonstrada, por todo o acompanhamento ao longo da dissertação e pelo conhecimento científico e de vida transmitido.

Depois, deixar uma palavra de agradecimento aos meus colegas de casa no Porto e grandes amigos, Rui, Anthony, André e Rafa, por todas as incríveis experiências e momentos vividos, pela grande amizade e por me acompanharem durante o meu percurso universitário.

Agradecer ao Sérgio e ao Filipe, pela constante motivação, apoio e amizade incondicional.

Ao meu primo Tiago, por toda a motivação, conhecimento e apoio ao longo da vida.

Deixar o meu profundo agradecimento à minha namorada, Mariana, pela enorme ajuda, pela motivação e pelo incrível que é partilhar uma vida ao seu lado.

Agradecer do fundo do coração, também, aos meus pais, por tudo. Por acreditarem sempre em mim, pela confiança, educação, formação e por me proporcionarem sempre tudo na vida.

À minha irmã, Marta, pelo bom humor, alegria, companheirismo e amizade.

Por fim, agradecer à minha família, em especial à minha avó, tia Lina, tia Céu, tio Filipe, Daniel e tia Augusta, pela motivação e disponibilidade.

RESUMO

As típicas vilas do interior de Portugal têm, no seu património, a sua história e a sua herança, fazendo com que ainda sejam habitadas e, sobretudo, visitadas.

A descentralização dos meios mais rurais levou ao abandono de muito do património edificado, que acabou por cair nas mãos da degradação. Surge, assim, a necessidade do restauro/reabilitação urbana, de forma a combater esta tendência, criando atualmente meios para fixação, temporária ou não, de população nestas regiões. Se, por um lado, esta vertente da engenharia civil vai de encontro a uma possibilidade económica ao nível de turismo de habitação, por outro lado permite cuidar da herança que os nossos antepassados nos deixaram, tendo esta última um valor incalculável.

Celorico de Basto faz parte destas vilas. Apenas, recentemente, tem existido uma política de recuperação do edificado da vila. Portanto, esta dissertação revela-se pertinente no sentido de servir de modelo para outros projetos semelhantes.

De forma a dar a conhecer esta vila, as suas tradições e o seu surgimento em contextos ancestrais, é feito inicialmente um enquadramento histórico.

De seguida, são analisadas as temáticas da demografia, edificado, transportes e infraestruturas, pontos importantes para perceber a qualidade de vida, os seus usos e costumes e a forma como a população e a vila têm evoluído ao longo dos anos, juntamente com o enquadramento que estes fatores terão sobre o caso de estudo.

São feitos, sobre o caso de estudo, um levantamento estrutural e uma inspeção e diagnóstico das anomalias, a fim de preparar o processo de intervenção arquitetónica.

A análise estrutural, feita posteriormente, consistiu na modelação de uma nova cobertura, recorrendo ao programa ROBOT, a sua verificação em relação aos Eurocódigos 0, 1 e 5, e a análise da estrutura de betão (EC2).

Por fim, são realizados projetos da especialidade de águas e algumas sugestões que visam melhorar a habitabilidade do edifício que serve de caso de estudo.

Assim, a presente dissertação, pode também servir como um exemplo de um processo de restauro/reabilitação executado em um edifício com valor patrimonial de âmbito local/regional e que pode ser usado em casos similares em vilas e pequenas cidades do interior de Portugal

PALAVRAS-CHAVE: RESTAURO DE EDIFÍCIOS, REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS, CASO DE ESTUDO, ESTRUTURAS DE MADEIRA, COBERTURA, CELORICO DE BASTO.

ABSTRACT

The typical villages in the interior of Portugal have, in their patrimony, their history and heritage, making them still inhabited and, above all, visited.

The decentralization of the most rural means led to the abandonment of much of the built heritage, which eventually fell into the hands of degradation. Thus, the need for urban restoration / rehabilitation arises in order to counteract this trend, currently creating means for the temporary or non-establishment of population in these regions. If, on the one hand, this aspect of civil engineering meets an economic possibility in terms of housing tourism, on the other hand it allows us to take care of the heritage that our ancestors left us, the latter being invaluable.

Celorico de Basto is part of these villages. Only recently there has been a policy of restoration of the village building. Therefore, this dissertation proves to be relevant as a model for other similar projects.

In order to make known this village, its traditions and its appearance in ancestral contexts, a historical framework is initially made.

Then, the themes of demography, buildings, transport and infrastructures are analyzed, important points to understand the quality of life, its uses and customs and the way the population and the village have evolved over the years, together with the framework that these factors will have on the case study.

On the case study, a structural survey and an inspection and diagnosis of the anomalies are made in order to prepare the process of architectural intervention.

The structural analysis, afterwards, consisted of the modeling of a new roof, using the ROBOT program, its verification against Eurocodes 0, 1 and 5, and the concrete structure analysis (EC2).

Finally, water specialty projects are carried out and some suggestions aimed at improving the habitability of the building that serves as a case study.

Thus, the present dissertation may also serve as an example of a restoration / rehabilitation process carried out in a building with a local / regional heritage value that can be used in similar cases in villages and small towns in the interior of Portugal.

KEYWORDS: BUILDING RESTORATION, BUILDING REHABILITATION, CASE STUDY, WOOD STRUCTURES, ROOF, CELORICO DE BASTO.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
ÍNDICE GERAL	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE QUADROS	xvii
SÍMBOLOS E ABREVIATURAS	xix

1. INTRODUÇÃO

1.1. OBJETO, ÂMBITO E JUSTIFICAÇÃO	1
1.2. OBJETIVOS	2
1.3. BASES DO TRABALHO DESENVOLVIDO	2
1.4. METODOLOGIA SEGUIDA NO ESTUDO DE CASO	3
1.5. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	4

2. CASO DE ESTUDO – CARACTERIZAÇÃO GERAL DO LOCAL

2.1. CELORICO DE BASTO E A SUA HISTÓRIA	5
2.2. CELORICO DE BASTO E A SUA ETNOGRAFIA	7
2.3. CELORICO DE BASTO ATUALMENTE – ENQUADRAMENTO TERRITORIAL	9
2.4. POPULAÇÃO	9
2.5. ATIVIDADES ECONÓMICAS	11
2.6. DESPORTO, CULTURA E LAZER	12
2.7. EDIFICADO	15
2.8. INFRAESTRUTURAS URBANÍSTICAS	16
2.8.1. ABASTECIMENTO DE ÁGUA E SANEAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS	16
2.8.2. ELETRICIDADE	17
2.9. ACESSIBILIDADE E MOBILIDADE	17
2.9.1. REDE VIÁRIA MUNICIPAL	17
2.9.2. MOBILIDADE	18
2.10. INTRODUÇÃO AO CASO DE ESTUDO	18
2.10.1. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO	18

2.10.2. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA.....	19
2.10.3. ABASTECIMENTO DE ÁGUA E SANEAMENTO.....	19

3. LEVANTAMENTO, INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICO 21

3.1. INTRODUÇÃO.....	21
3.2. LEVANTAMENTO ARQUITETÓNICO.....	21
3.3. LEVANTAMENTO CONSTRUTIVO	28
3.3.1. COBERTURAS.....	28
3.3.2. PAREDES EXTERIORES	29
3.3.3. PAREDES INTERIORES.....	32
3.3.4. PAVIMENTOS	33
3.3.5. TETOS.....	33
3.3.6. CAIXILHARIAS	35
3.3.7. CAIXA DE ESCADAS.....	35
3.4. LEVANTAMENTO ESTRUTURAL	36
3.4.1. FUNDAÇÕES.....	36
3.4.2. PAREDES EXTERIORES	37
3.4.3. PAREDES INTERIORES.....	38
3.4.4. PAVIMENTOS	38
3.4.5. TETOS.....	39
3.4.6. COBERTURA	39
3.4.7. CAIXA DE ESCADAS.....	39
3.5. PRINCIPAIS ANOMALIAS.....	40
3.5.1. INTRODUÇÃO.....	40
3.5.2. COBERTURAS.....	40
3.5.3. PAREDES EXTERIORES.....	41
3.5.4. PAREDES INTERIORES.....	42
3.5.5. PAVIMENTOS	43
3.5.6. TETOS FALSOS EM MADEIRA	44
3.5.7. CAIXILHARIAS	45
3.5.8. CAIXA DE ESCADAS.....	45
3.5.9. INFRAESTRUTURAS	45

4. DESCRIÇÃO GERAL DA INTERVENÇÃO PLANEADA – PROGRAMA DE REABILITAÇÃO COM MODERNIZAÇÃO	47
4.1. INTRODUÇÃO	47
4.2. ALTERAÇÕES ARQUITETÓNICAS	47
4.3. PLANO DE DEMOLIÇÕES E NOVAS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS A APLICAR	51
4.4. RESTAURO DO EXISTENTE	52
4.5. SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS NOVAS – ALGUNS EXEMPLOS	53
4.5.1. TETO FALSO EM GESSO CARTONADO	53
4.5.2. PAREDES DIVISÓRIAS NÃO ESTRUTURAIS	54
4.5.3. CAIXILHARIAS EXTERIORES	54
4.5.4. INFRAESTRUTURAS	55
4.5.5. QUADRO SÍNTESE	55
5. PROJETO DA COBERTURA.....	57
5.1. INTRODUÇÃO.....	57
5.2. DEFINIÇÃO DA GEOMETRIA DA ESTRUTURA.....	57
5.3. DADOS GERAIS.....	57
5.4. CÁLCULO DAS AÇÕES.....	61
5.4.1. AÇÕES PERMANENTES.....	61
5.4.2. AÇÕES VARIÁVEIS.....	62
5.4.2.1. SOBRECARGA	62
5.4.2.2. AÇÃO DO VENTO	63
5.5. COMBINAÇÕES DE AÇÕES	69
5.5.1. ESTADO LIMITE ÚLTIMO.....	69
5.5.2. ESTADO LIMITE DE UTILIZAÇÃO.....	70
5.6. MODELO DE CÁLCULO ESTRUTURAL.....	71
5.7. ESFORÇOS DE DIMENSIONAMENTO.....	72
5.8. VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA EM ESTADO LIMITE ÚLTIMO (ELU).....	74
5.8.1. VERIFICAÇÃO DE SEGURANÇA A ESFORÇOS AXIAIS	74
5.8.1.1. ESFORÇOS AXIAIS DE TRAÇÃO	74
5.8.1.2. ESFORÇOS AXIAIS DE COMPRESSÃO	75
5.8.2. VERIFICAÇÃO DE SEGURANÇA À FLEXÃO.....	76

5.8.2.1. VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA À FLEXÃO SIMPLES	76
5.8.2.2. VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA À FLEXÃO DESVIADA	77
5.8.2.3. VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA À FLEXÃO COMPOSTA COM TRAÇÃO	78
5.8.2.4. VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA À FLEXÃO COMPOSTA COM COMPRESSÃO.....	78
5.8.3. VERIFICAÇÃO DE SEGURANÇA AO CORTE.....	79
5.8.4. VERIFICAÇÃO DE SEGURANÇA: ENCURVADURA E BAMBEAMENTO.....	80
5.8.4.1. ENCURVADURA	80
5.8.2.2. BAMBEAMENTO	82
5.9. VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA EM ESTADO LIMITE SERVIÇO (SLS).....	84
5.9.1. VERIFICAÇÃO DE SEGURANÇA À DEFORMAÇÃO	84
5.10. APLICAÇÃO AO CASO DE ESTUDO	85
5.10.1. VALORES DE CÁLCULO DA MADEIRA	85
5.10.2. VERIFICAÇÃO DE SEGURANÇA DAS MADRES.....	86
5.10.3. VERIFICAÇÃO DE SEGURANÇA DAS ASNAS	88
5.10.3.1. PERNAS	88
5.10.3.2. LINHA	90
5.10.3.3. ESCORAS.....	91
5.10.3.4. PENDURAL	93
5.10.4. VERIFICAÇÃO DE SEGURANÇA EM SERVIÇO.....	94
5.10.4.1. COMBINAÇÃO CARACTERÍSTICA	94
5.10.4.2. COMBINAÇÃO QUASE-PERMANENTE	94
5.10.5. CONCLUSÕES – ESTRUTURA DE MADEIRA.....	94
5.11. ESTRUTURA DE BETÃO	95
5.11.1. ESTRUTURAS A CONSTRUIR	96

6. PROJETO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUAS, DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS E PLUVIAIS....

.....	99
6.1. INTRODUÇÃO.....	99
6.2. REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUAS	99
6.2.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	100
6.2.2. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO	100
6.2.3. DIMENSIONAMENTO DA REDE	101
6.2.4. PLANTAS ESQUEMÁTICAS DA REDE.....	104

6.2.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	105
6.3. REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS	105
6.3.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	106
6.3.2. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO	106
6.3.3. DIMENSIONAMENTO DA REDE	108
6.3.4. PLANTAS ESQUEMÁTICAS DA REDE.....	109
6.4. REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	110
6.4.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	110
6.4.2. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO	111
6.4.3. DIMENSIONAMENTO DA REDE	112
6.4.4. PLANTAS ESQUEMÁTICAS DA REDE.....	114

7. MELHORIA DE HABITABILIDADE - PROPOSTAS

.....	116
7.1. INTRODUÇÃO.....	116
7.2. ISOLAMENTO TÉRMICO NO TETO DA GARAGEM.....	116
7.3. PAREDES DO 1º PISO EM GESSO CARTONADO	117
7.4. TETO FALSO EM GESSO CARTONADO NO 1º PISO.....	118
7.5. PASSADIÇO NA COBERTURA	118
7.6. TRATAMENTO DE ÁGUA	121

8. CONCLUSÃO

8.1. JUSTIFICAÇÃO DO CUMPRIMENTO DOS OBJETIVOS	123
8.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	124

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	124
---	------------

ANEXOS	127
---------------------	------------

A1. CORTES DO LEVANTAMENTO DO EDIFÍCIO.....	129
A2. DIMENSIONAMENTO DA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA - EXCEL	131
A3. NOTAS DE CÁLCULO - ROBOT	133

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. – Foral de Celorico de Basto, atribuído em 1520, [2]	6
Figura 2.2. – Castelo de Arnóia na atualidade.....	6
Figura 2.3. – Mapa Geomorfológico do município de Celorico de Basto, [3]	7
Figura 2.4. – Rede hidrográfica do concelho de Celorico de Basto, [3].	8
Figura 2.5. – Enquadramento territorial de Celorico de Basto em Portugal e no distrito de Braga, [3].....	9
Figura 2.6. – Evolução da população residente no concelho Celorico de Basto entre 1900 e 2011, [3].....	10
Figura 2.7. – Nº de habitante em função da sua faixa etária no concelho Celorico de Basto entre 1981 e 2011, [3].....	11
Figura 2.8. – Vista do Celorico Palace Hotel & SPA à esquerda e do Parque de Campismo à direita.....	12
Figura 2.9. – Vista do Estádio Municipal de Celorico de Basto à esquerda e do Estádio do Sport Clube Fermilense à direita.	13
Figura 2.10. – Troço da Ecopista do Tâmega na Estação de Celorico de Basto.	13
Figura 2.11. – Biblioteca Professor Doutor Marcelo Rebelo de Sousa.....	14
Figura 2.12. – Parque Urbano do Freixieiro, situado na freguesia de Britelo.....	15
Figura 2.13. – Casa da Boavista, situada na freguesia de Veade.....	15
Figura 2.14. – Evolução das redes de abastecimento de água e de saneamento de 1994 para 2011. O círculo vermelho indica a localização da Casa de Ferreirós no concelho de Celorico de Basto, [3]..	16
Figura 2.15. – População residente em áreas servidas (habitantes por freguesia), dados de 2014, [3].....	16
Figura 2.16. – Vista principal da casa de Ferreirós.....	19
Figura 3.1. – Vista aérea da habitação que serve de caso de estudo. O número 1 corresponde ao corpo principal e o 2 ao secundário.	22
Figura 3.2. – Alçado principal do edifício..	22
Figura 3.3. – Alçado paralelo ao principal do edifício	23
Figura 3.4. – Alçado lateral esquerdo do edifício.....	23
Figura 3.5. – Alçado lateral direito do edifício (vista a partir da parte mais baixa do terreno). ..	23
Figura 3.6. – Planta da cave do edifício.....	24
Figura 3.7. – Planta do rés-do-chão do edifício	25
Figura 3.8. – Planta do 1º piso do edifício	26
Figura 3.9. – Planta da cobertura do edifício.	27
Figura 3.10. – Corte longitudinal L-L.....	27

Figura 3.11. – Corte transversal T-T	27
Figura 3.12. – Vista do interior da cobertura	28
Figura 3.13. – Pormenor da estrutura da cobertura do corpo 2 do edifício	29
Figura 3.14. – Paramento interior da parede exterior do corpo 2 do edifício.	30
Figura 3.15. – Vista da fachada sudeste do edifício.	30
Figura 3.16. – Fotografia com vista da fachada virada a noroeste e um pequeno pormenor da fachada voltada a nordeste.	31
Figura 3.17. – A imagem à esquerda corresponde ao pormenor da laje aligeirada de cobertura, a partir da varanda coberta. A imagem à direita corresponde à vista da varanda num plano mais afastado.	32
Figura 3.18. – Estrutura de paredes de tabique presentes na casa com degradação visível....	32
Figura 3.19. – Vista do pavimento do 1º piso a partir da garagem.	33
Figura 3.20. – Teto do 1º piso com estrutura em saia camisa.....	34
Figura 3.21. – Vista com o revestimento do teto do rés-do-chão.....	34
Figura 3.22. – Vista das caixilharias de portas e janelas tipo presentes na habitação	35
Figura 3.23. – À esquerda está uma fotografia com a vista das escadas interiores a partir do rés-do-chão. A fotografia à direita corresponde a uma fotografia com a vista das mesmas escadas a partir do 1º piso.	36
Figura 3.24. – Esquema com a tipologia de fundação direta, [5].....	37
Figura 3.25. – Esquema da ligação do pavimento nas paredes de meação, [5].....	38
Figura 3.26. – Tipologia de teto com forro de “saia e camisa”, [6].....	39
Figura 3.27. – Tipologia da estrutura da cobertura existente, com asna simples, [6].	39
Figura 3.28. – Tipologia da estrutura de uma escada simples de 1 lanço, [6].	40
Figura 3.29. – Vista do interior da cobertura onde são visíveis a humidade e o estado de degradação avançado.....	41
Figura 3.30. – Vista da parede exterior da fachada sudoeste do edifício do corpo 2.....	42
Figura 3.31. – Vista de parede interior em tabique com destacamento do revestimento em reboco	43
Figura 3.32. – Vista do pavimento do 1º piso a partir da garagem, onde é visível perda da integridade das vigas de suporte e presença de caruncho..	44
Figura 3.33. – Pormenor do teto com destacamento de tábuas.....	44
Figura 3.34. – Pormenor de teto localizadamente em elevado estado de degradação.	45
Figura 4.1. – Planta com a arquitetura proposta ao nível do 1º piso.	48
Figura 4.2. – Telha do tipo Lusa da marca Cerâmica Torreense, [7].	49
Figura 4.3. – Subtelha Onduline ST50, [8].....	50
Figura 4.4. – Planta com o traçado proposto para a cobertura..	51

Figura 4.5. – Sistema de teto falso de pladur T-45/2 x 15 F MV, [10]	53
Figura 4.6. – Sistema de parede divisória do tipo 120 (90) MW, [11].....	54
Figura 4.7. – Tipo de caixilharias que se pretendem executar na casa, [12], [13].	54
Figura 5.1. – Geometria da asna simples...	58
Figura 5.2. – Planta estrutural da cobertura de madeira.....	59
Figura 5.3. – Coeficiente de exposição, [17].	64
Figura 5.4. – Zonas de cobertura de duas vertentes, (adaptado de [17])..	66
Figura 5.5. – Modelo global da estrutura da cobertura..	71
Figura 5.6. – Convenção de sinais para N, V e M.	72
Figura 5.7. – Envolvente de diagrama de esforços axiais para a combinação do ELU ₁ (valores em kN)..	72
Figura 5.8. – Envolvente de diagrama de esforço transverso para a combinação do ELU ₁ (valores em kN).	73
Figura 5.9. – Envolvente de diagrama de momentos para a combinação do ELU ₁ (valores em kN).	73
Figura 5.10. – Deformada da asna para a combinação característica de ações (valores em mm).	73
Figura 5.11. – Deformada da asna para a combinação quase permanente de ações (valores em mm).	74
Figura 5.12. – Componentes da deformação, (adaptado de [19])	84
Figura 5.13. – Eixos das madres para decomposição de forças, [20]...	86
Figura 5.14. – Planta estrutural de betão armado.....	95
Figura 5.15. – Pormenor do beirado LM3 existente.....	95
Figura 5.16. – Pormenor da parede de blocos de betão a ser executada.....	96
Figura 5.17. – Pormenor transversal da viga V1.....	98
Figura 6.1. – Reservatório de água com capacidade de 1000L da marca LEROY MERLIN, ref.15966650, [21].	102
Figura 6.2. – Curva característica da bomba MQ 3-35 da marca GRUNDFOS, [22].	103
Figura 6.3. – Rede de abastecimento da cave	104
Figura 6.4. – Rede de abastecimento do rés-do-chão.....	105
Figura 6.5. – Rede de abastecimento do 1º piso.	105
Figura 6.6. – Rede de drenagem de águas residuais da cave.	109
Figura 6.7. – Rede de drenagem de águas residuais do rés-do-chão.....	109
Figura 6.8. – Rede de drenagem de águas residuais do 1º piso.	110
Figura 6.9. – Rede de drenagem de águas pluviais da cobertura..	114

Figura 6.10. – Rede de drenagem de águas pluviais do 1º piso	114
Figura 6.11. – Rede de drenagem de águas pluviais do rés-do-chão.	115
Figura 6.12. – Rede de drenagem de águas pluviais da cave.....	115
Figura 7.1. – Teto falso da marca PLADUR na zona do teto da garagem..	118
Figura 7.2. – Parede de gesso cartonado da marca PLADUR, [11]	118
Figura 7.3. – Teto falsa em gesso cartonado da marca PLADUR, com a referência T-45/2 x 15 F MV, [10].	119
Figura 7.4. – Planta da cobertura com passadiço em madeira.	120
Figura 7.5. – Vista transversal da cobertura com passadiço em madeira.	120
Figura 7.6. – Pormenor longitudinal do passadiço em madeira entre asnas.....	121
Figura 7.7. – Escada recolhível da marca LEROY MERLIN, com a referência 16951403, [23]... ..	121

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1. – População Residente, Variação Relativa da População Residente e Densidade Populacional (hab/km ²), por freguesia, no concelho Celorico de Basto, [3]	10
Quadro 2.2. – Quadro com alguns exemplos de empreendimentos turísticos detidos pelo município de Celorico de Basto, [3]..	12
Quadro 2.3. – Exemplos de património qualificado e em vias de classificação pelo concelho, [1]	15
Quadro 4.1. – Algumas características técnicas da telha Lusa escolhida, [7].....	50
Quadro 4.2. – Quadro síntese com a proposta de intervenção no edifício..	55
Quadro 5.1. – Quadro com secções mínimas em função do tamanho de vão para asnas simples, [6].....	58
Quadro 5.2. – Características da madeira de classe de resistência C18, (adaptado [14])	59
Quadro 5.3. – Valores de k_{mod} , (adaptado de [15])	60
Quadro 5.4. – Valores de k_{def} , (adaptado de [15]).....	61
Quadro 5.5. – Ações permanentes – peso próprio dos elementos da cobertura..	62
Quadro 5.6. – Sobrecarga em coberturas da categoria H, (adaptado [16]).	63
Quadro 5.7. – Coeficientes de pressão exterior, $c_{pe,10}$, para cada zona da cobertura, (adaptado de [17]).	66
Quadro 5.8. – Valores dos coeficientes de pressão na cobertura.....	68
Quadro 5.9. – Valores de cargas, w, para a ação do vento.....	69
Quadro 5.10. – Coeficientes de segurança para combinações ELU, (adaptado [18]).	70
Quadro 5.11. – Rácio entre o comprimento efetivo de bambeamento e o comprimento do vão.	83
Quadro 5.12. – Limites para a deformação das vigas, (adaptado de [19]).....	85
Quadro 5.13. – Propriedades mecânicas da madeira maciça.....	86
Quadro 5.14. – Características geométricas das madres.....	86
Quadro 5.15. – Verificação da segurança à flexão desviada das madres.	87
Quadro 5.16. – Verificação de segurança ao corte nas madres.....	88
Quadro 5.17. – Esforços atuantes nas pernas.....	88
Quadro 5.18. – Características geométricas das pernas.....	88
Quadro 5.19. – Verificação ao corte nas pernas.....	89
Quadro 5.20. – Verificação de segurança à flexão composta com compressão nas pernas.....	89
Quadro 5.21. – Característica da encurvadura nas pernas: plano paralelo ao plano da asna. .	89
Quadro 5.22. – Característica da encurvadura nas pernas: plano perpendicular ao plano da asna.	89

Quadro 5.23. – Verificação de segurança à encurvadura nas pernas.	90
Quadro 5.24. – Verificação de segurança ao bambeamento nas pernas.	90
Quadro 5.25. – Esforços atuantes na linha.....	90
Quadro 5.26. – Características geométricas na linha.....	90
Quadro 5.27. – Verificação ao corte nas linhas..	91
Quadro 5.28. – Verificação de segurança à flexão composta com tração nas linhas.....	91
Quadro 5.29. – Esforços atuantes nas escoras.....	91
Quadro 5.30. – Características geométricas das escoras....	91
Quadro 5.31. – Verificação ao corte nas escoras.	92
Quadro 5.32. – Verificação de segurança à flexão composta com compressão nas escoras....	92
Quadro 5.33. – Característica da encurvadura nas escoras: plano paralelo ao plano da asna.....	92
Quadro 5.34. – Característica da encurvadura nas escoras: plano perpendicular ao plano da asna	92
Quadro 5.35. – Verificação de segurança à encurvadura nas escoras..	93
Quadro 5.36. – Verificação de segurança ao bambeamento nas escoras.	93
Quadro 5.37. – Esforços atuantes no pendural.	93
Quadro 5.38. – Características geométricas do pendural.	93
Quadro 5.39. – Verificação de segurança à tração no pendural..	94
Quadro 5.40. – Verificação de segurança no ELS: Combinação Característica..	94
Quadro 5.41. – Verificação de segurança no ELS: Combinação Quase-permanente.	94
Quadro 6.1. – Caudais mínimos instantâneos nos dispositivos de utilização água quente e fria..	100
Quadro 6.2. – Dimensionamento da rede de água fria.....	103
Quadro 6.3. – Dimensionamento da rede de água quente.	103
Quadro 6.4. – Caudal de descarga e diâmetros mínimos dos ramais de descarga.....	106

Quadro 6.5. – Valores da taxa de ocupação..... 108



REABILITAÇÃO DE MORADIA EM CELORICO DE BASTO – ESTUDO DE CASO

PEDRO SÉRGIO MOTA E SILVA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor Doutor José Manuel Marques Amorim de
Araújo Faria

JANEIRO DE 2020

SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

mm – Milímetro

cm – Centímetro

m – Metro

kN – Quilo Newton

l – Litro

kW – Quilo Watt

s – Segundo

min – Minuto

h - Hora

MPa – Mega Pascal

mca – Metro coluna de água

MIEC – Mestrado Integrado em Engenharia Civil

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

INE – Instituto Nacional de Estatística

PDM – Plano Diretor Municipal

NUTS – Nomenclatura de Unidades Territoriais para Fins Estatísticos

DL – Decreto-lei

NP – Norma Portuguesa

EC – Eurocódigo

PEAD – Polietileno de Alta Densidade

PVC – Policloreto de Vinila

PPR – Polipropileno Reticulado

Fig – Figura

Art. – Artigo

INTRODUÇÃO

1.1. OBJETO, ÂMBITO E JUSTIFICAÇÃO

A reabilitação de edifícios antigos em zonas rurais é fulcral na manutenção da identidade e revitalização destas mesmas regiões. Nas últimas décadas temos assistido ao crescimento do êxodo rural, movido pela intensa procura de habitações nas periferias dos centros urbanos, conduzindo à falta de investimentos nas regiões rurais. Este fluxo faz com que os edifícios antigos caiam no esquecimento e percam o destaque que tinham no passado, acabando por se degradar.

Em muitos casos, reabilitar este tipo de edifícios é tarefa árdua, uma vez que essa reabilitação, para ser eficaz, deve visar não só a recuperação do edificado, como também a manutenção de todo o património associado ao edifício intacto, satisfazendo todas as necessidades do promotor.

De maneira a manter a história de edifícios que passaram de geração em geração, aliando à via económica, os proprietários procuram sobretudo colocar os seus imóveis sob a forma de turismo rural. De facto, e por um lado, este mecanismo permite realmente inverter um pouco o fluxo atual, trazendo pessoas da cidade para o campo; por outro lado, permite a recuperação de zonas rurais e históricas economicamente deficitárias.

Celorico de Basto entra neste preciso campo de zonas rurais e desertificadas. A vila em si é economicamente pobre e tem vindo, com o passar do tempo, a perder destaque e população efetiva, sobretudo jovem. Celorico encontra-se na região denominada dos Vinhos Verdes e é aqui que ganha destaque, porque promove o turismo rural, o turismo de habitação e o enoturismo em simultâneo.

Nos últimos anos, a autarquia demonstrou algum interesse em reabilitar o património histórico da sua centralidade, no entanto, muitas das zonas periféricas têm o seu património devoluto e degradado.

É nessa realidade que esta dissertação se insere. O objecto do trabalho é assim o estudo de um complexo edificado rural situado a cerca de 4 km da vila de Celorico de Basto.

Em termos de âmbito, o trabalho centrou-se no levantamento e inspecção e diagnóstico da parte principal da casa mais importante do complexo, seguida da definição genérica em termos de programa e de arquitectura de uma intervenção sobre o existente, realizada numa lógica de reabilitação ligeira pouco intrusiva e mantendo o uso actual que neste momento é de habitação permanente por uma família que próxima do autor. A casa pertence desde o início a pessoas da família direta do autor, ramo Mota.

O tema desta dissertação pretende assim também representar um pequeno contributo do autor para ajudar a reverter a situação de abandono progressivo e de adormecimento na periferia do centro

urbano da vila de Celorico Basto, acima referidos, aliado à vontade do autor em aprender um pouco sobre a memória histórica da sua vila Natal e o património, costumes e modos de vida dos seus antepassados.

1.2. OBJETIVOS

Esta dissertação tem assim como objetivo principal a realização e a análise de um estudo de caso que exemplifique uma metodologia com o tipo de ações a desenvolver no restauro e reabilitação de edifícios antigos, tão característicos de Celorico de Basto, que visam à conservação do património imóvel do concelho e ao aumento da oferta turística, proporcionando um impulso significativo ao desenvolvimento económico e cultural da vila em questão.

De realçar que o restauro pretendido é o de custo reduzido, o que influenciou as soluções propostas.

De maneira a que o estudo em causa se tornasse completo e bem executado, fez-se um levantamento histórico do concelho, com base num estudo demográfico, urbanístico e do edificado, com referências ao passado e à atualidade, constatando-se assim como tem evoluído o concelho e a situação atual em que se encontra.

O imóvel que serve de base para o estudo está situado na freguesia de Arnóia. Encontra-se atualmente habitado, pela família que sempre o possui, tendo a sua construção datada do século XVII, inevitavelmente associada à vila de Celorico de Basto. A Casa de Ferreirós, como é assim conhecida, aproxima-se muito às casas nobres típicas da região e conserva, à sua volta, uma imensidão de terrenos agrícolas e montanhosos, ainda hoje com usos rurais e florestais. A sua localização, relativamente próxima ao centro urbano da vila, ao Castelo de Arnóia e à variante que liga Celorico a Amarante, potencia uma eventual possibilidade para se tornar numa casa com alojamento local turístico no futuro.

1.3. BASES DO TRABALHO DESENVOLVIDO

A dissertação que se segue foi desenvolvida com base em bibliografia especializada e referenciada no final deste trabalho.

Para a realização do capítulo 2 foram, inicialmente, realizadas pesquisas online e na Biblioteca Municipal de Celorico de Basto, relacionadas com a história do concelho, as suas tradições e costumes. A análise demográfica, do urbanismo, dos transportes e infraestruturas reúne informação do PDM do município, disponível no portal online da autarquia.

O capítulo 3 baseou-se em visitas à casa, onde se realizaram ações de registo fotográfico, inspeção e diagnóstico de anomalias e das respectivas causas, e que permitiram fazer o levantamento arquitetónico do edifício, bem como o registo das principais anomalias e estado atual da habitação. A bibliografia especializada foi imprescindível, de modo a proceder à definição dos sistemas construtivos e estruturais.

De referir que as plantas arquitetónicas do local, que foi possível obter como base para o trabalho a desenvolver, estavam com detalhe insuficiente e mesmo em alguns casos com erros em relação ao real, não existindo qualquer corte ou alçados dos edifícios, pelo que o autor foi obrigado a fazer medições com recurso a fita métrica e laser, a fim de obter as plantas atualizadas e os alçados e cortes principais do edifício com o máximo de rigor possível, materializados depois em AutoCad.

No capítulo 4 são apresentadas as propostas de intervenção a implementar na casa, com o intuito de conferir uma melhor habitabilidade aos moradores.

O uso dos softwares AutoCad 2016 e ROBOT foi fulcral para a realização dos projetos aqui apresentados, tendo auxiliado não só a realização de desenhos de pormenor, como também o dimensionamento e desenvolvimento dos projetos de arquitetura, estruturas e água.

No desenvolvimento dos acima referidos projetos, seguiram-se e aplicaram-se conhecimentos obtidos durante o Curso, nomeadamente nas disciplinas da área das Estruturas, bem como na disciplina de Instalações em Edifícios da opção de Construções.

1.4. METODOLOGIA SEGUIDA NO ESTUDO DE CASO

A metodologia de reabilitação desenvolvida na dissertação incidiu em quatro fases:

1. Levantamento – Nesta fase procedeu-se ao levantamento arquitetónico, estrutural e construtivo da casa, através do qual foi possível também definir de forma genérica todos os sistemas construtivos existentes, a caracterização dos solos de fundação e da sua envolvente;
2. Inspecção e Diagnóstico – Aqui avaliaram-se as anomalias existentes e as respetivas causas;
3. Programa de Intervenção - Posto isto, definiu-se um programa de intervenção adequado à pré-existência, fase esta de extrema importância, porque foi aqui que foi possível definir, não só o uso futuro imediato para o edificado existente, como também a metodologia mais ou menos intrusiva a seguir nas obras e o custo-benefício associado;
4. Projeto- Por fim, entramos na fase do projeto, que se desejou ser muito bem pensada e detalhada, nas áreas do âmbito da dissertação, nomeadamente dos projetos de engenharia civil (estruturas e águas e saneamento).

Foi importante, ainda, ter em conta determinadas tarefas, que serviram de recomendações fundamentais nas fases prévias acima referenciadas:

1. A primeira recomendação está ligada às demolições iniciais a fazer numa fase de pré-levantamento. É de maior vantagem eliminar elementos da pré-existência que não serão aproveitados, ou que não têm interesse para o produto final de reabilitação;
2. Outra recomendação envolve intervenções preventivas iniciais, de maneira a garantir total estanquidade à água por parte do edifício;
3. Por fim, recomendam-se os planos de sondagens, com o intuito de obter uma caracterização detalhada da pré-existência.

Em fase de projeto de execução, a metodologia proposta vai de encontro, inicialmente, à acessibilidade (movimentação e acesso) das pessoas, dentro e fora do edificado, e, portanto, o destaque vai para a definição do acesso ao edifício e à definição das comunicações verticais e horizontais.

A tarefa seguinte correspondeu ao trajeto esquemático das redes de infraestruturas. Colocar um edifício antigo a funcionar como um moderno, muitas vezes desprovido destas redes e condicionado arquitetonicamente, deve ser prioritário.

Procedeu-se em seguida à afinação geométrica dos locais e espaços, que neste caso foi reduzida, considerado o facto de a obra ser praticamente de restauro. Este problema resulta sobretudo da

pouca sofisticação dos métodos construtivos existentes na altura, e foi tida em consideração na definição da solução a seguir na nova cobertura (simplificar geometria e criar novas soluções de apoio para a nova cobertura).

Avançou-se então para o cálculo da estrutura da cobertura, conforme âmbito definido no início do trabalho de dissertação, e para a definição de alguns detalhes da obra a executar, o que pode definir-se como alguns conteúdos ao nível de projeto de execução de estruturas e de soluções construtivas novas a realizar na obra.

1.5. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está dividida em 8 capítulos.

No primeiro e presente capítulo é feita uma introdução ao trabalho. O último capítulo corresponde à conclusão.

No capítulo 2 é apresentada uma breve história da vila de Celorico de Basto e feita uma análise da demografia, do urbanismo, dos transportes e das infraestruturas do concelho, de maneira a situar melhor o espaço de intervenção e a região envolvente onde esta habitação está inserida.

O capítulo 3 apresenta o levantamento arquitetónico, estrutural e construtivo da habitação em estudo. Para além do referido, é feita uma análise às principais anomalias presentes na casa.

No capítulo 4 é feita uma proposta de intervenção ao nível da Arquitetura, de baixo custo, para a melhoria da habitabilidade do edifício.

O capítulo 5 envolve o projeto de estruturas a executar, respeitando o definido no capítulo anterior, que engloba a análise e o dimensionamento de elementos de madeira e betão, com o auxílio do software ROBOT.

O capítulo 6 diz respeito aos projetos de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais e pluviais para a obra a executar.

No capítulo 7 são apresentadas algumas sugestões de melhoria da habitabilidade a executar na casa, relativamente às componentes térmica e acústica.

Para finalizar, no capítulo 8 é realizada a conclusão, com base nos resultados obtidos, e uma reflexão sobre o cumprimento dos objetivos definidos no início do processo.

2

CASO DE ESTUDO – CARACTERIZAÇÃO GERAL DO LOCAL

2.1. CELORICO DE BASTO E A SUA HISTÓRIA

A história de Celorico de Basto está diretamente ligada ao Castelo, situado na freguesia de Arnóia (Fig. 2.2.). Esta fortaleza medieval, contruída no topo de um planalto, foi provavelmente construída entre os séculos X e XII durante o processo de Reconquista, [1].

À volta do castelo crescia um lugar que, após foral (Fig. 2.1.) dado ao concelho por parte de D. Manuel I, a 29 de março de 1520, passou a ser denominado por Villa de Basto, primeira sede do concelho. Esta situação manteve-se até abril de 1719, quando o rei D. João V passou a sede de concelho do lugar de Arnóia para a atual freguesia de Britelo (união de freguesias de Britelo, Gémeos e Ourilhe), surgindo assim a Vila Nova do Freixieiro, que se repercutia ao longo de uma parte do rio Freixieiro. Só mais tarde, e pela influência que os povos Célios e os Bástulos deixaram no território (formaram no passado a povoação com o nome de Celóbriga), surgiu o topónimo de Celorico de Basto, [2].

Celorico de Basto tem também, por si só, um passado associado à época do Românico. A Igreja de São Salvador (na freguesia de Ribas), a Igreja Paroquial (na união de freguesias de Veade, Gagos e Molaes), a Igreja do Salvador (na freguesia de Fervença) e o próprio Castelo de Arnóia valeram, a 12 de março de 2010, a entrada do concelho na prestigiada Rota do Românico, [3].

As marcas históricas de Celorico não ficam apenas pela época medieval e românica. A existência de sepulturas megalíticas, mamoaes (na zona do planalto da Lameira), bem como a presença de castros em diversos pontos altos do concelho, remetem a vila para tempos milenares bastante transatos. Outras construções, desde pontes e outras igrejas, bem como pequenos monumentos, tais como fontes e pelourinhos, fazem desta pobre vila, uma vila rica em história e património.

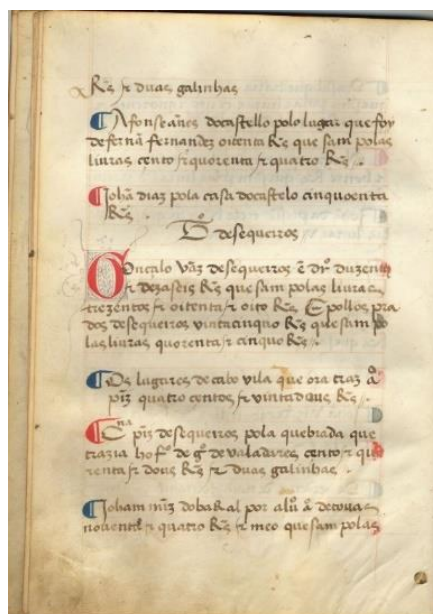


Figura 2.1. – Foral de Celorico de Basto, atribuído em 1520, [2].



Figura 2.2. – Castelo de Arnóia na atualidade.

2.2. CELORICO DE BASTO E A SUA ETNOGRAFIA

O relevo assume uma natureza muito heterogénea, assentando em zona de vale que se estende desde o rio Tâmega (à direita, sendo a zona de baixa de altitude) até à serra do Viso, Queimadela e Infesta (à esquerda, zona de elevada altitude). É delimitado superiormente pela serra do Ladário e inferiormente pela serra de Codeçoso.

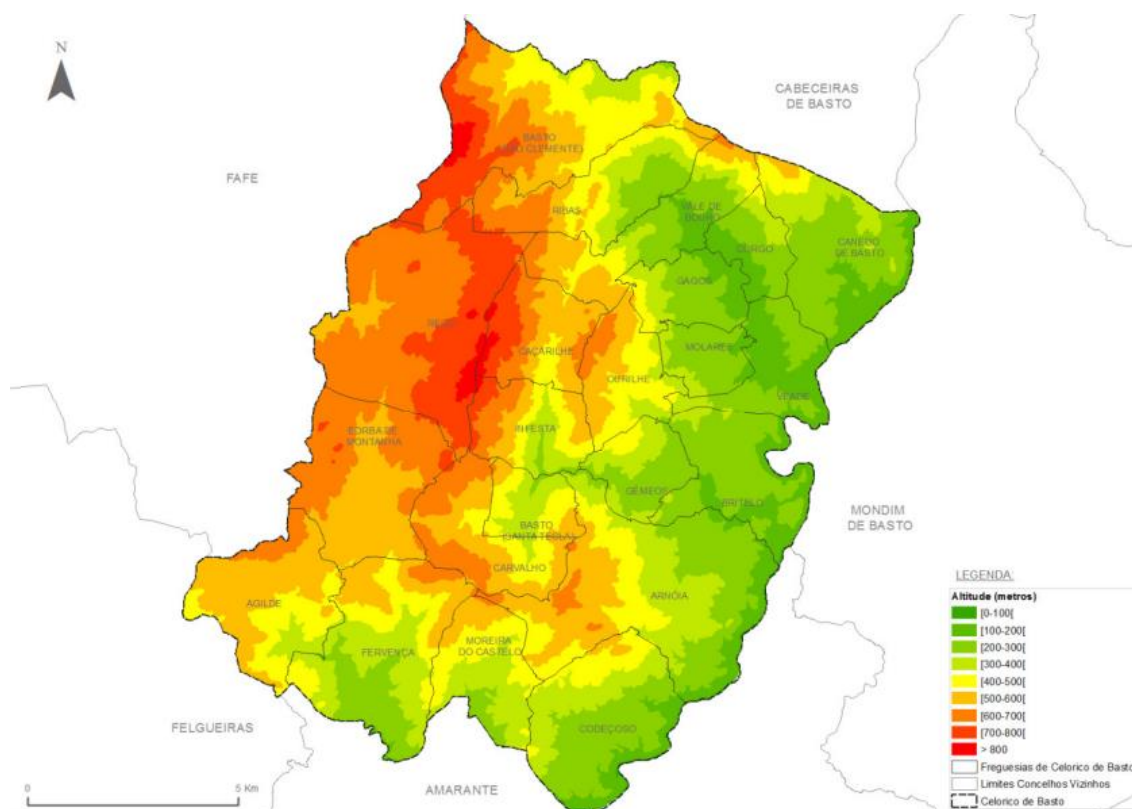


Figura 2.3. – Mapa Geomorfológico do município de Celorico de Basto, [3].

A existência de água é também ela abundante na região. A presença do rio Tâmega e dos seus afluentes constituem uma bacia hidrográfica densamente ramificada que se estende por todo o concelho, fator este que favorece a prática da agricultura por toda a região, sobretudo o cultivo de vinhas. A pecuária surge também, apesar da menor preponderância em relação às outras atividades.

2.3. CELORICO DE BASTO ATUALMENTE – ENQUADRAMENTO TERRITORIAL

Celorico de Basto é um concelho pertencente ao distrito de Braga, limitado por Fafe, Felgueiras, Amarante, Mondim de Basto e Cabeceiras de Basto. A vila, que tem 181,07 km² de superfície territorial, 15 freguesias constituintes e 20 098 habitantes (dados de 2011), constitui, juntamente com os concelhos vizinhos de Cabeceiras de Basto, Mondim de Basto e Ribeira de Pena, a emblemática região das Terras de Basto. O envelhecimento e a dispersão da população, bem como a emigração, são alguns dos principais problemas que afetam atualmente o concelho, [4].

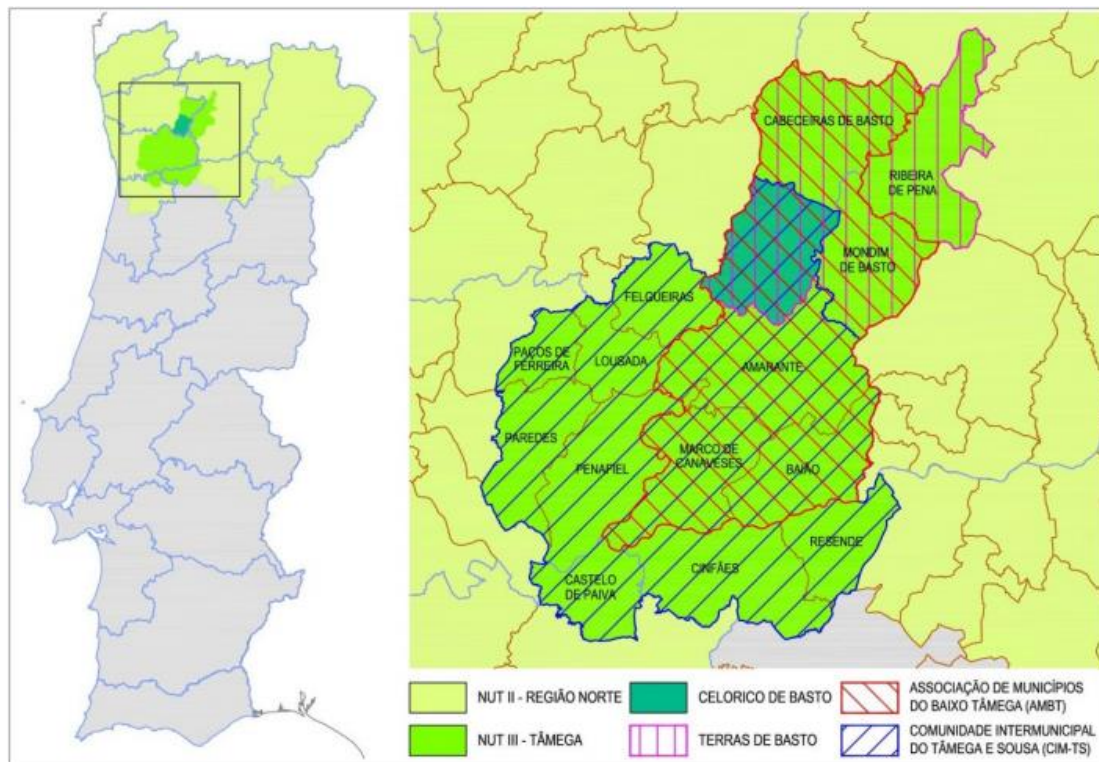


Figura 2.5. – Enquadramento territorial de Celorico de Basto em Portugal e no distrito de Braga, [3].

2.4. POPULAÇÃO

Em Celorico de Basto, a população tem vindo a diminuir desde 1950, muito pelo facto do êxodo rural, da emigração e do envelhecimento da população residente, traduzindo-se numa perda das cerca de 25 000 (em 1950) para as cerca de 21 477 (censos de 2001) pessoas residentes. Atualmente (dados de 2011), o concelho encontra-se em situação de estabilidade demográfica, com uma redução de apenas -1,8% da população de 2001, contrariando os -4,7% estimados, fixando a população à data dos últimos censos em 20 098.

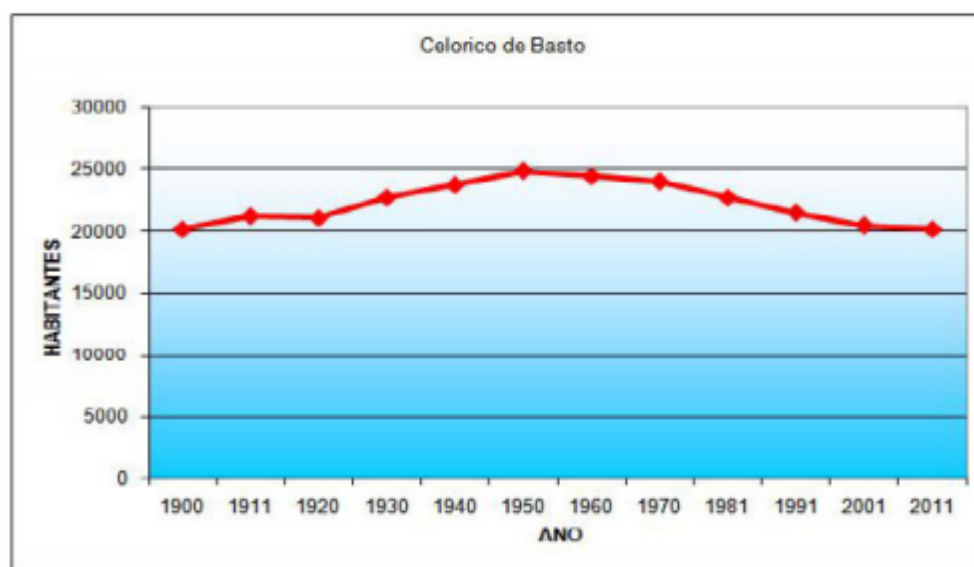
Ao nível da NUT III – Tâmega, que apresentou entre 1991 e 2001 um crescimento bem superior à média nacional de 8,3%, manteve na última década (entre 2001 e 2011) uma tendência estável no que se refere à variação da população.

Quadro 2.1. – População Residente, Variação Relativa da População Residente e Densidade Populacional (hab/km²), por freguesia, no concelho Celorico de Basto, [3].

Unidades territoriais	Área CAOP (km ²)	População residente			Variação relativa da população residente (%)		Densidade populacional (hab/km ²) *	
		1991	2001	2011	91-01	01-11	2001	2011
Celorico de Basto	181,07	21.477	20.466	20.098	-4,7%	-1,8%	113,03	110,99
Agilde	9,01	1237	1294	1227	4,6%	-5,2%	143,58	136,15
Arnoia	18,73	1901	1919	1702	0,9%	-11,3%	102,46	90,87
Borba da Montanha	10,89	1235	1255	1294	1,6%	3,1%	115,24	118,82
Britelo	7,78	2422	2542	2561	5,0%	0,7%	326,61	329,05
Caçarlhe	5,95	484	455	466	-6,0%	2,4%	76,52	78,37
Canedo de Basto	9,98	1061	1028	1010	-3,1%	-1,8%	102,96	101,16
Carvalho	6,82	905	838	789	-7,4%	-5,8%	122,87	115,68
Codessoso	10,70	586	503	444	-14,2%	-11,7%	47,02	41,50
Corgo	3,25	395	324	311	-18,0%	-4,0%	99,77	95,76
Fervença	12,05	1419	1410	1445	-0,6%	2,5%	117,03	119,94
Gagos	4,41	658	632	628	-4,0%	-0,6%	143,41	142,50
Gêmeos	4,02	651	626	650	-3,8%	3,8%	155,86	161,83
Infesta	5,53	433	316	292	-27,0%	-7,6%	57,13	52,79
Molares	3,07	646	518	621	-19,8%	19,9%	168,75	202,30
Moreira do Castelo	6,14	662	615	627	-7,1%	2,0%	100,24	102,20
Ourlhe	5,37	470	393	459	-16,4%	16,8%	73,21	85,51
Rego	17,09	1124	1184	1241	5,3%	4,8%	69,29	72,62
Ribas	8,28	1299	1229	1068	-5,4%	-13,1%	148,46	129,02
Basto (Santa Tecla)	3,20	296	279	212	-5,7%	-24,0%	87,05	66,15
Basto (S. Clemente)	15,41	1890	1587	1524	-16,0%	-4,0%	102,98	98,89
Vale de Bouro	7,89	907	812	813	-10,5%	0,1%	102,90	103,02
Veade	5,51	796	707	714	-11,2%	1,0%	128,23	129,50

* O valor da variação relativa da densidade é equivalente ao da variação relativa da população

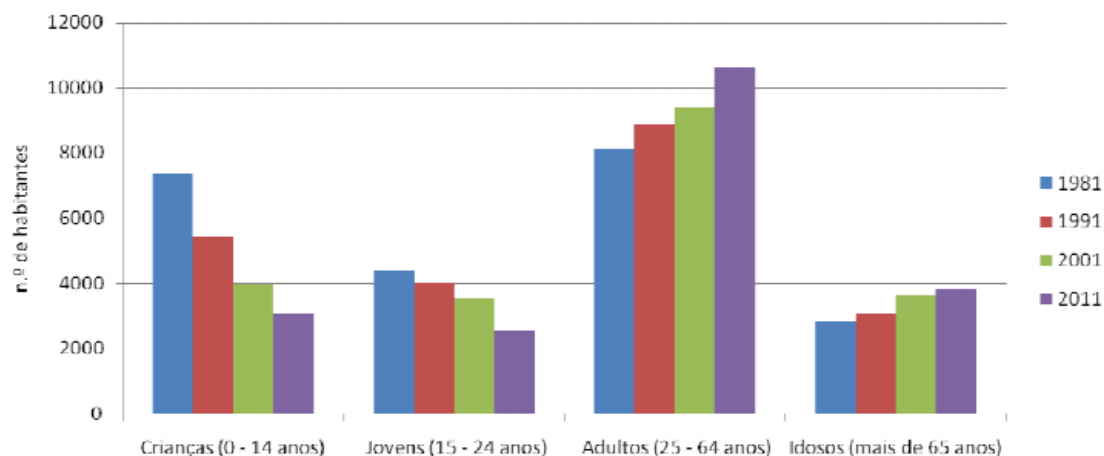
Fonte: INE, Censos 1991 a 2011



Fonte dos dados: INE, recenseamentos gerais da população

Figura 2.6. – Evolução da população residente no concelho Celorico de Basto entre 1900 e 2011, [3].

No que se refere à estrutura etária da população, a situação é preocupante. De facto, o envelhecimento da população tem vindo a acentuar-se de forma bastante significativa. Destaca-se a diminuição abrupta do número de jovens residentes no concelho. A produção vinícola, o turismo e o crescimento do setor terciário tentam, ainda assim, contrariar o padrão que se tem registado nos últimos anos.



Fonte dos dados: INE, Censos 1981 a 2011

Figura 2.7. – Nº de habitante em função da sua faixa etária no concelho Celorico de Basto entre 1981 e 2011, [3].

2.5. ATIVIDADES ECONÓMICAS

A agricultura foi a principal atividade da população ativa até aos finais do século XX. Atualmente, o grande destaque económico vai para o setor terciário, sendo que o setor secundário ainda representa uma grande parte da atividade económica do concelho, principalmente a indústria de materiais e têxtil.

A atividade agrícola assenta, sobretudo, na exploração vinícola, sendo que os projetos agrícolas para plantas aromáticas e de frutos vermelhos têm ganho grande destaque. A criação de gado ainda se mantém nas zonas montanhosas do concelho, ainda que com menos preponderância que noutros tempos transatos.

De facto, a atividade que se tem destacado nos últimos anos é o turismo, sendo o principal veículo de atração de visitantes ao concelho. Segue-se um quadro que demonstra alguns dos empreendimentos turísticos e o alojamento local registado, classificados pelo município, dos quais se destacam o Parque de Campismo, o Celorico Palace Hotel & SPA e as inúmeras casas de turismo de habitação e turismo de espaço rural – casas de campo.

Quadro 2.2. – Quadro com alguns exemplos de empreendimentos turísticos detidos pelo município de Celorico de Basto, [3].

DESIGNAÇÃO	TIPOLOGIA	CAPACIDADE	UNID. ALOJAMENTO	FREGUESIA
Empreendimentos turísticos				
Casa de Canedo	Turismo de habitação	18	9	Canedo
Casa do Campo	Turismo de habitação	19	10	Molares
Quinta das Mouras	Turismo de espaço rural – casa de campo	10	5	Infesta
Camélias de Basto	Turismo de espaço rural – casa de campo	10	5	Gêmeos
Quinta das Escomoeiras	Turismo de espaço rural – casa de campo	18	9	Arnóia
Solar do Souto	Turismo de habitação	16	8	São Clemente

Com a adesão do concelho à Rota do Românico, em 2010, cujo principal objetivo é desenvolver a promoção turística e cultural, esta foi uma iniciativa que contribuiu significativamente para a divulgação do património em virtude do desenvolvimento do turismo no concelho.

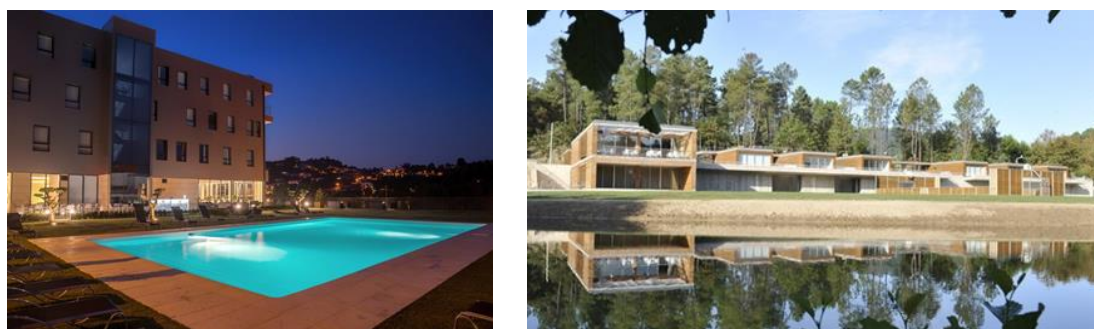


Figura 2.8. – Vista do Celorico Palace Hotel & SPA à esquerda e do Parque de Campismo à direita.

2.6. DESPORTO, CULTURA E LAZER

Nos últimos anos, o município tem investido na diversificação das atividades e fornecido um conjunto de atrações para que cada faixa etária possa usufruir.

No que toca a modalidades desportivas, o investimento feito tem vindo a revelar-se favoravelmente. O município conta com 4 equipas de futebol, sendo que cada uma possui campo de relvado sintético, e que leva à prática de desporto dos mais novos até aos mais velhos (Fig. 2.9.). Existe, também, uma associação de futsal que promove a prática deste desporto e organiza campeonatos locais, desde que foram construídos polidesportivos ao ar livre em cada uma das freguesias do concelho. Recentemente, o investimento no andebol e a sua coligação com o desporto escolar tem vindo a ser uma mais valia para todos os jovens.



Figura 2.9. – Vista do Estádio Municipal de Celorico de Basto à esquerda e do Estádio do Sport Clube Fermilense à direita.

O concelho tem uma forte ligação com atividades de caça e pesca, atividades de todo o terreno, caminhadas e percursos pedestres e modalidades de ciclismo e cicloturismo, sendo que a evolução destas últimas práticas se proporcionou muito graças à construção da Ecopista do Tâmega (Fig.2.10.). Esta ecopista está feita por cima da antiga linha de comboio, a qual proporciona a todos os seus visitantes toda a fauna e a flora da região, ao longo de uma paisagem que integra o verde e o azul do rio Tâmega.



Figura 2.10. – Troço da Ecopista do Tâmega na Estação de Celorico de Basto.

A nível cultural, o município tem investido, salvaguardando assim tradições. Destacam-se os cantares de janeiras e os inúmeros cortejos etnográficos, que servem de montra para as atividades que ainda se praticam ou que se chegaram a praticar no concelho. O património cultural arquitetónico também teve um grande investimento, dos quais se destacam a Biblioteca Professor Doutor Marcelo Rebelo de Sousa (Fig. 2.11.), o Centro Bibliográfico e Documental e, mais recentemente, a construção do Auditório Professor Doutor Marcelo Rebelo de Sousa. Os espaços culturais ainda contam com o Centro Interpretativo do Castelo de Arnóia e com o Circuito dos Moinhos de Argontim. Para além dos referidos, são inúmeras as associações culturais que se focam em preservar as atividades culturais típicas do concelho de Celorico de Basto.



Figura 2.11. – Biblioteca Professor Doutor Marcelo Rebelo de Sousa.

Os espaços verdes e de lazer também têm contribuído para a qualidade de vida e bem-estar da população e para a integração do edificado e embelezamento da vila. Seguem-se os parques de lazer com responsabilidade de manutenção do concelho:

- Parque Urbano do Freixieiro (Fig. 2.12.) (situado na freguesia de Britelo);
- Parque de Merendas do Viso (freguesia do Rego);
- Centro Urbano da Mota (freguesia de Fervença);
- Parque de Lazer de Canedo de Basto (freguesia de Canedo);
- Parque de Lazer de Fiães (freguesia de Codessoso);
- Parque de Lazer da Gandarela (freguesia de S. Clemente);
- Parque de Lazer de Ourilhe (freguesia de Ourilhe);
- Largo do Barão de Fermil (freguesia de Molaes).



Figura 2.12. – Parque Urbano do Freixieiro, situado na freguesia de Britelo.

2.7. EDIFICADO

Abaixo, o quadro 2.3. faz uma apresentação de alguns dos edifícios cujo concelho considera como património classificado e em vias de classificação.

Quadro 2.3. – Exemplos de património qualificado e em vias de classificação pelo concelho, [1].

DESIGNAÇÃO	FREGUESIA
Estrela de Vila Boa	Rego
Castelo de Arnóia	Arnóia
Pelourinho do Castelo	Arnóia
Casa do Outeiro	Veade
Casa da Boavista	Veade
Solar do Souto	São Clemente
Mosteiro/ Igreja de Arnóia	Arnóia
Casa da Cruz	Gagos
Igreja de Ribas	Ribas
Igreja de Veade	Veade
Igreja da Goma	Gagos
Igreja de Fervença	Fervença



Figura 2.13. – Casa da Boavista, situada na freguesia de Veade.

2.8. INFRAESTRUTURAS URBANÍSTICAS

2.8.1. ABASTECIMENTO DE ÁGUA E SANEAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS

As infraestruturas urbanas ligadas ao abastecimento de água e saneamento em Celorico de Basto integram o Sistema de Águas da Região do Noroeste, e sofreram uma grande evolução nas últimas décadas (Fig. 2.14.), principalmente ao nível do provimento de água potável.

Atualmente, estima-se que cerca de 88% da população reside numa zona servida por abastecimento de água, o que se considera aceitável. O mesmo não acontece com a recolha de águas residuais, onde apenas cerca de 25% da população tem acesso a sistemas de drenagem deste tipo de águas, situação muito abaixo dos níveis aceitáveis.

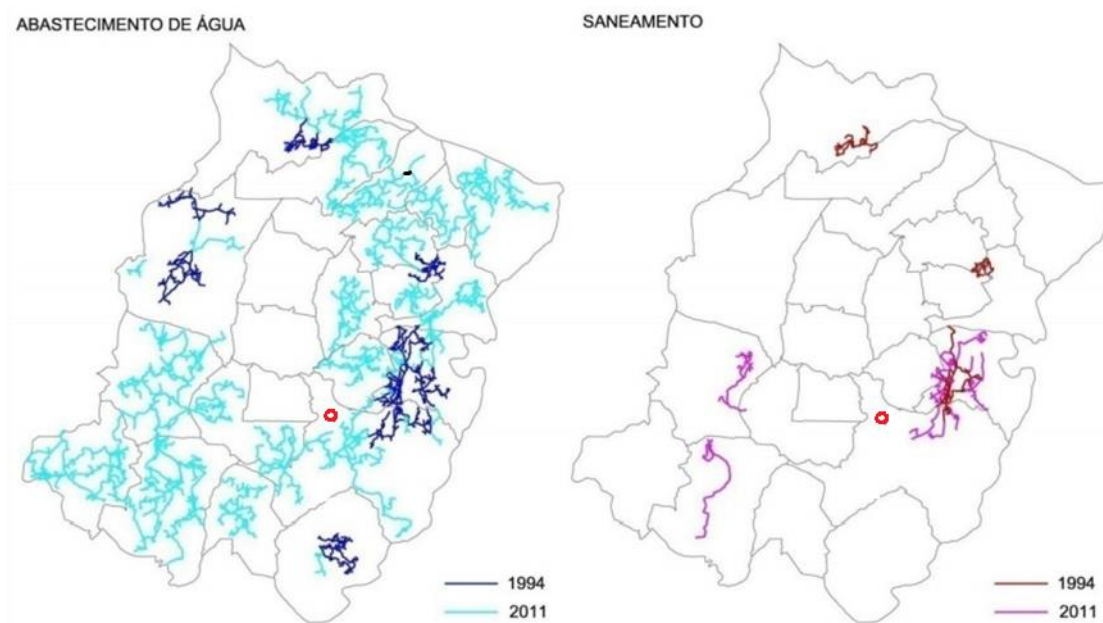


Figura 2.14. – Evolução das redes de abastecimento de água e de saneamento de 1994 para 2011, [4]. O círculo vermelho indica a localização da Casa de Ferreiros no concelho de Celorico de Basto.

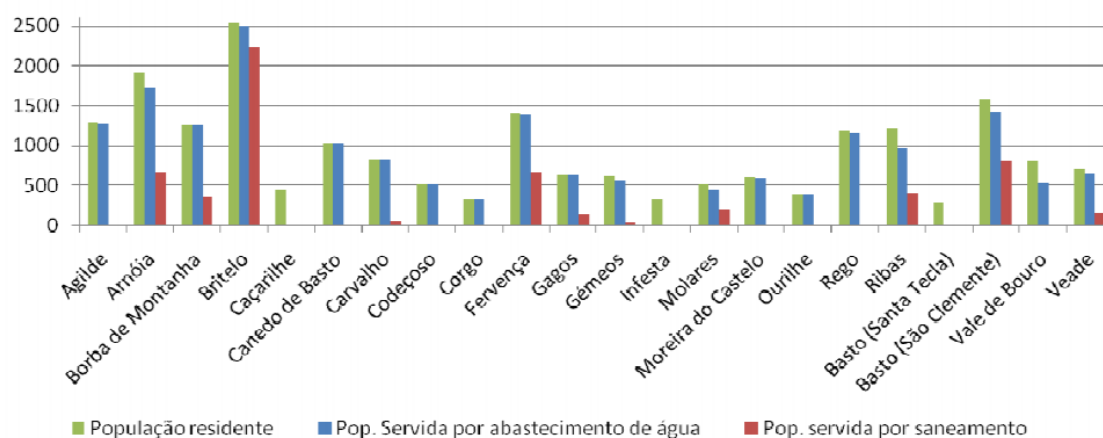


Figura 2.15. – População residente em áreas servidas (habitantes por freguesia), dados de 2014, [4].

Atualmente a rede de abastecimento de água em Celorico de Basto é munida com 30 sistemas de abastecimento, que servem a maior parte da população. Apenas 2 freguesias – Infesta e Santa Tecla - não têm sistema implementado, tendo já projetos para o fazer, e algumas zonas de freguesias Vale de Bouro, Ribas e São Clemente que também carecem de fornecimento de água. Ainda assim as áreas servidas são aquelas onde existe maior concentração populacional.

A rede de drenagem de águas residuais no município de Celorico de Basto é muito escassa. Apenas existem 5 sistemas de drenagem de águas residuais, sendo Britelo a única freguesia com cobertura quase total e 8 outras freguesias com cobertura parcial. O sistema de fossa séptica continua a ser o mais utilizado pela maior parte dos edifícios.

2.8.2. ELETRICIDADE

A rede de fornecimento de energia elétrica domiciliária no município abrange praticamente a totalidade do concelho. Os esforços nesta infraestrutura viram-se atualmente para a substituição progressiva da passagem de eletricidade do modo aéreo para o enterrado, [3].

2.9. ACESSIBILIDADE E MOBILIDADE

2.9.1. REDE VIÁRIA MUNICIPAL

A rede viária em Celorico de Basto divide-se em 3 tipos:

- Rede viária principal, que corresponde às vias que asseguram a acessibilidade do município com o exterior, destacando-se:
 - E.N. 206, que permite a ligação ao Arco de Baúlhe e a Fafe;
 - E.N. 210, que faz a ligação Amarante – Cabeceiras de Basto e que atravessa a Vila de Celorico de Basto;
 - E.N. 304, que permite ligação a Mondim de Basto.

Existe um conjunto de vias de carácter regional que permitem a ligação do concelho à Lixa e Amarante. Existe também uma autoestrada, a A7, que atravessa o concelho a noroeste, no entanto não existe qualquer nó que permita fazer a ligação a esta autoestrada, sendo os mais próximos em Fafe e no Arco de Baúlhe.

Ao nível mais local, as vias podem ser classificadas em:

- Rede viária secundária, que inclui as vias que permitem a articulação da rede principal com as áreas de maior desenvolvimento urbano; envolve os troços que não foram incluídos na rede principal, estradas nacionais desclassificadas e os caminhos municipais com ligações importantes;
- Rede viária local, que é constituída pelas restantes vias de distribuição local e pelos arruamentos urbanos que não constem nas redes anteriores.

De um modo geral, as vias apresentam-se em condições aceitáveis.

2.9.2. MOBILIDADE

No concelho de Celorico de Basto apenas existem três empresas de transporte coletivo, não existindo transporte público municipal. Os percursos envolvem as estradas municipais mais antigas e por isso chegam de certa forma às zonas menos povoadas. No entanto, como o município tem polos muito dispersos, a viabilidade económica não permite que haja bons horários e taxas mais acessíveis.

2.10. INTRODUÇÃO AO CASO DE ESTUDO

Nos subcapítulos anteriores, é feita uma abordagem histórica do Município de Celorico de Basto, a fim de se perceber a evolução da região ao longo dos anos, no que toca ao domínio social e económico, à sua caracterização geológica e geotécnica. É feito, também, um levantamento do património imóvel, infraestrutural e de lazer, permitindo constatar que a casa objeto de estudo se insere no contexto histórico e tradicional das casas típicas da região.

2.10.1. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO

A Casa de Ferreirós, habitação que vai servir como objeto principal para o caso de estudo, localiza-se no lugar de Ferreirós, freguesia de Arnóia, concelho de Celorico de Basto. O imóvel é o único que se encontra em condições habitáveis, numa área rodeada de outras casas devolutas e com elevada degradação, que antes protagonizavam o lugar de Ferreirós. Este lugar era, outrora, um local onde prevalecia a agricultura e a pecuária, com diversos moinhos e caseiros, que faziam deste um lugar quase autossustentável. A origem concreta do imóvel é desconhecida, no entanto, com base em livros com referências da zona de Basto, é apontada a data da sua construção - entre os séculos XVII e XVIII. O que é certo é que a posse do imóvel sempre pertenceu à família Mota, até aos dias de hoje.

O imóvel tem 3 pisos. O primeiro contém a zona onde se realizam as diferentes atividades do quotidiano, sendo também zona de dormida. O rés-do-chão tem uma garagem com pé direito duplo, um salão e uma zona imensa que está abandonada, servindo atualmente apenas para arrumos. No piso da cave existe uma adega e uma zona onde, antigamente, se armazenavam os alimentos.

Os materiais que serviram de base para a construção da casa foram aproveitados no local, face à enorme quantidade de pinho e à existência de uma pequena pedreira de granito nas redondezas.

É de realçar, também, que o estado atual da casa envolveu um processo de aumento e alguns trabalhos de restauro, ainda que a maior parte da casa seja original, executada com base em sistemas construtivos antigos e materiais provenientes de locais próximos da casa (pedra e madeira).

Localiza-se a cerca de 3,5 km do centro urbano do município, estando à mesma distância da variante do Tâmega, EN210, que rapidamente faz a ligação aos concelhos de Amarante e Mondim de Basto. Os acessos à casa são feitos por estradas municipais, de qualidade média em paralelo, sendo depois necessário percorrer um caminho particular de 500 m em terra batida.



Figura 2.16. – Vista principal da casa de Ferreirós.

2.10.2. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA

No que toca à geologia do terreno, a casa localiza-se a meia encosta em zona de vale, com a fachada principal virada a Nordeste. Está assente num saibro que foi considerado como de boa qualidade, observando a envolvente exposta da encosta vizinha, pelo que se considerou não ser necessário fazer um estudo mais aprofundado desta temática.

Foi possível ainda perceber a existência de uma pedreira de granito a céu aberto nas redondezas, da qual, presumivelmente, se extraíram as pedras de granito usadas na construção da casa.

2.10.3. ABASTECIMENTO DE ÁGUA E SANEAMENTO

Relativamente ao abastecimento de água, este é feito por gravidade a partir de uma mina existente perto da habitação. O sistema envolve um tanque localizado numa zona de vertente, a cerca de 5 metros da casa, e um depósito que se localiza na cobertura da habitação, sendo a água descarregada por gravidade a partir daí para a cozinha, seguindo para a casa de banho. O percurso da água, desde a origem da mina até ao depósito, é assegurado por tubagens em PEAD.

A casa não tem assim abastecimento de água a partir da rede pública. O troço da rede de abastecimento de água municipal pública mais próximo situa-se na estrada municipal atrás referida e localiza-se a 500 m da habitação, não havendo ramal de ligação, pelo que a totalidade da água consumida na habitação é, portanto, assegurada pela mina.

Quanto ao saneamento, a rede pública está localizada também ela na mesma estrada municipal, distando os mesmos 500 metros da habitação, pelo que o saneamento é feito para uma fossa séptica que se localiza a cerca de 15 metros da casa, próximo da fachada Noroeste, ou seja, em zona próxima da parte mais baixa da casa e terreno circundante.

3

LEVANTAMENTO, INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICO

3.1. INTRODUÇÃO

O presente capítulo reúne um conjunto de informações obtidas por várias fontes, que serviram para fazer o levantamento do edifício que serve de caso de estudo, bem como para a inspeção e diagnóstico de patologias que existam, de modo a que o processo de reabilitação fosse o menos erróneo possível.

Com base no GEOPORTAL, disponível no site da câmara de Celorico de Basto, que utiliza o sistema do Google Maps, foi possível retirar as plantas de localização, de modo a obter uma melhor perceção das envolventias, dos limites de propriedade, bem como o melhor enquadramento do objeto de estudo.

As plantas arquitetónicas foram fornecidas por um gabinete de desenho e topografia, aquando um trabalho realizado para a família em tempos transatos, ainda que, pelo facto de estarem algo desfasadas da realidade, foram corrigidas de modo a aproximarem-se do que realmente é.

Ao longo do capítulo é, também, apresentado um conjunto de desenhos (alçados, plantas e cortes) que foram realizados recorrendo ao software AutoCad, versão 2016, sendo que as medições foram feitas com base num laser e fita métrica.

3.2. LEVANTAMENTO ARQUITETÓNICO

O levantamento arquitetónico usou como base as plantas arquitetónicas fornecidas, que foi necessário corrigir e adaptar por apresentarem alguns erros e um grau de desenvolvimento inferior ao desejável. Realizaram-se visitas ao interior e exterior do edifício e produziram-se esboços de tudo, que foram posteriormente materializados em desenhos em AutoCad, e que permitiram uma total perceção do objeto de estudo em questão. Os alçados e cortes foram todos realizados de raiz pois não existiam.

O edifício é constituído por dois corpos interligados, sendo que um é o habitável e o outro está em condições devolutas e inabitáveis (designados respetivamente por 1 e 2 na figura abaixo). A parte 1, maior e habitável, tem 3 pisos, sendo que a parte 2 tem apenas 2 pisos, o que faz com que apareça a cobertura do menor corpo à cota do 1º piso do de maior dimensão.



Figura 3.1. – Vista aérea da habitação que serve de caso de estudo. O número 1 corresponde ao corpo principal e o 2 ao secundário.

Como visto, o edifício interseta dois terreiros a cotas diferentes. O acesso ao edifício é então possível pelo 1º piso, com 3 entradas (2 pela cozinha e 1 pelo corredor principal), e pelo rés-do-chão, com 1 entrada (pelo salão). Há também ligações pela garagem e pela adega (ver plantas funcionais mais à frente).

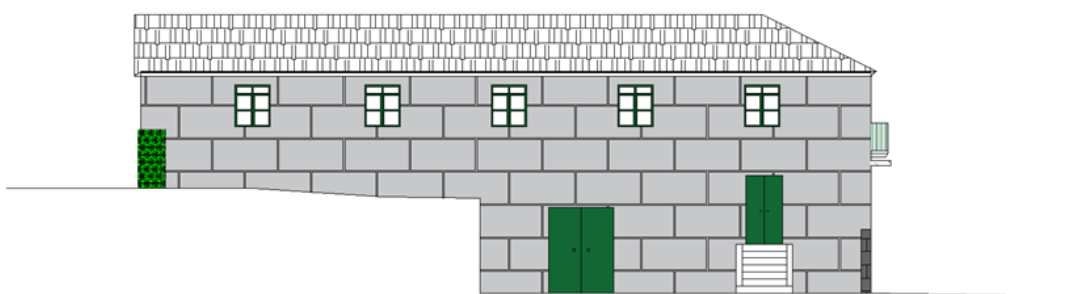


Figura 3.2. – Alçado principal do edifício.



Figura 3.3. – Alçado de tardoz ao principal do edifício.

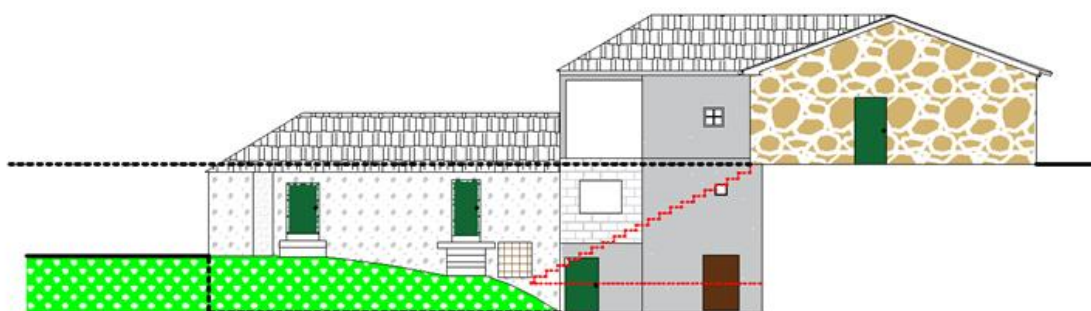


Figura 3.4. – Alçado lateral esquerdo do edifício.

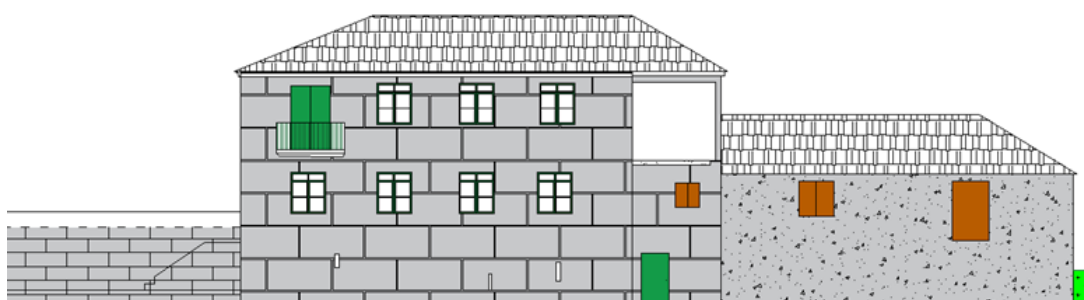


Figura 3.5. – Alçado lateral direito do edifício (vista a partir da parte mais baixa do terreno).

A cave (Fig. 3.6.), de ambos os corpos, está interligada e é composta por uma adega, com área útil de cerca de 70,8 m², e um local onde se armazenavam mantimentos, mais especificamente comida e rações para os animais, com uma área útil de 52,9 m². Existe também uma garagem, com área útil de 38,3 m² e pé-direito duplo, que aparece tanto no piso da cave como no do 1º piso (ver figura 3.11.). Nesta zona há uma caixa de escadas que faz a ligação da garagem, à cota do piso da cave, a um pequeno anexo que se encontra à cota do rés-do-chão. Observa-se, ainda, que o acesso ao piso da cave pode ser feito através da adega, com 3 ligações a partir do exterior, e pela garagem.

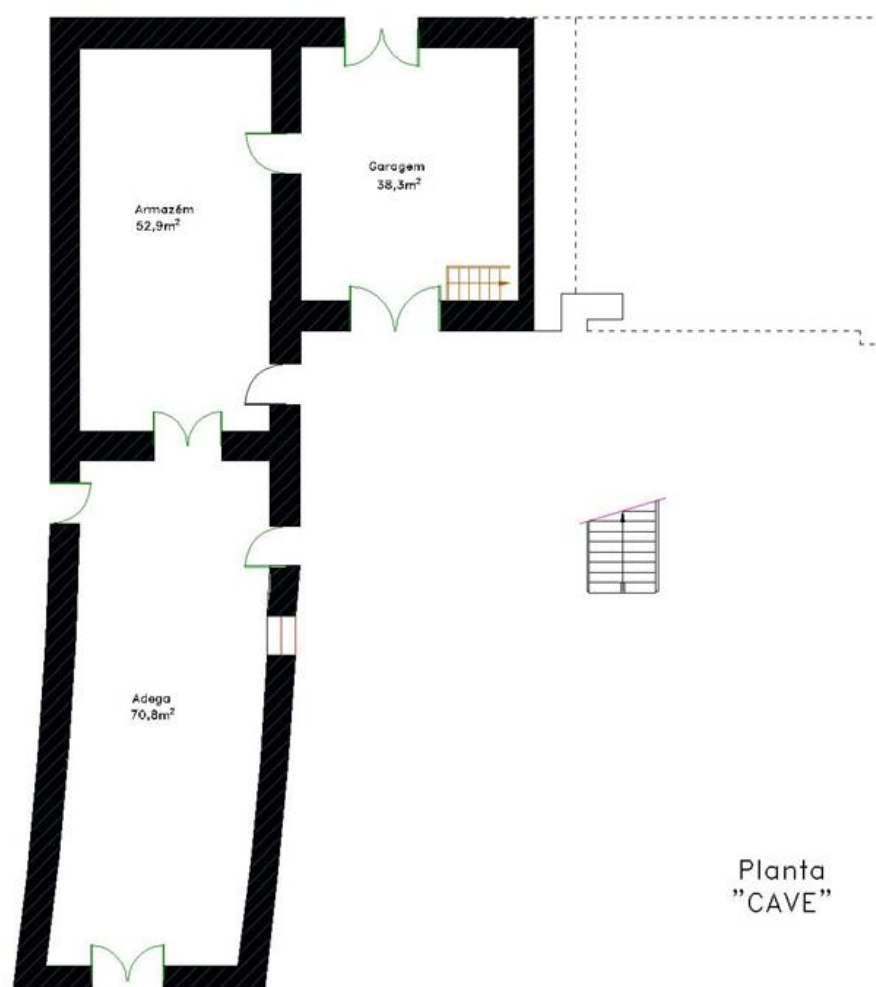


Figura 3.6. – Planta da cave do edifício.

O rés-do-chão (Fig. 3.7.) é composto por 4 compartimentos, sendo eles: um salão; uma sala; a parte da garagem afeta a este piso; e uma zona de arrumos, totalizando 158,3 m² de área útil. É na zona da sala que se faz a ligação entre o rés-do-chão e o 1º piso, através de uma caixa de escadas em madeira. Já o acesso a este piso pode ser feito pela garagem e pelo salão.

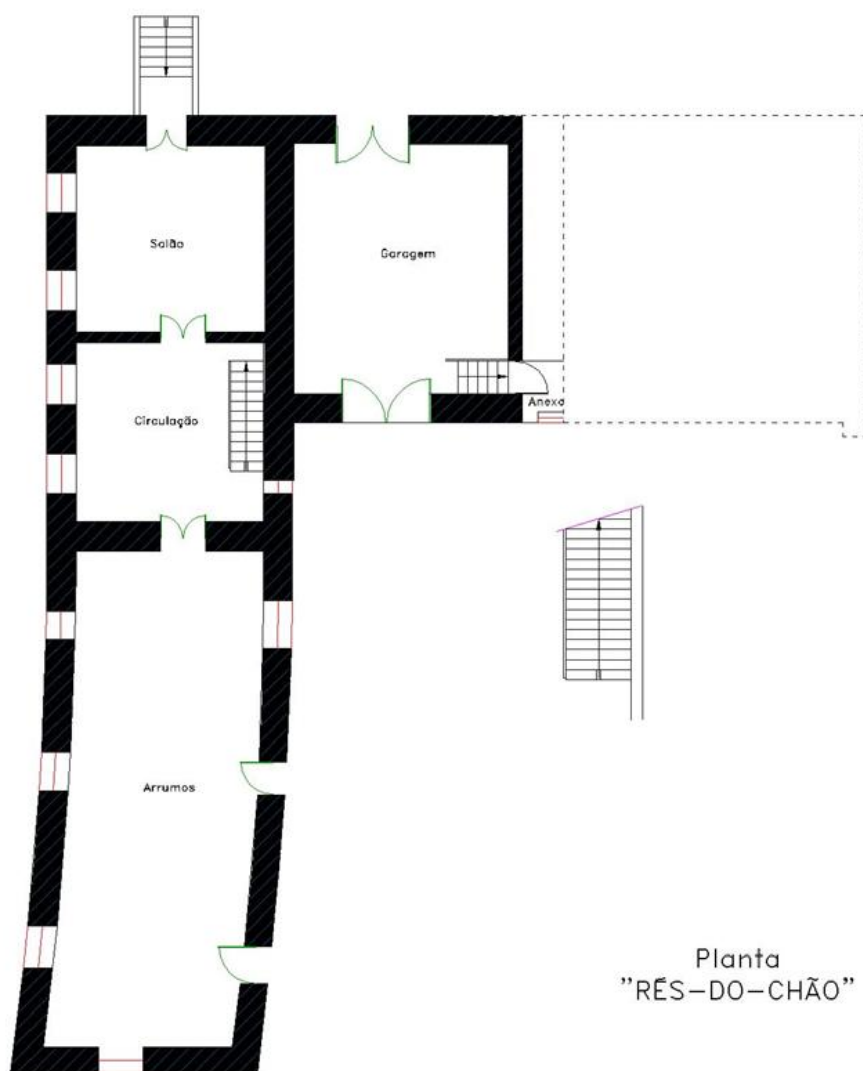


Figura 3.7. – Planta do rés-do-chão do edifício.

Relativamente ao 1º piso (Fig. 3.8.), uma parte está assente em rocha e a outra assente no teto do piso de rés-do-chão referido (ver figura 3.10. e 3.11.). Neste piso existem 14 compartimentos, sendo eles: 1 cozinha; 1 anexo à cozinha; 1 sala; 1 despensa com lareira; 1 escritório; 1 zona de arrumos; 1 casa de banho; 6 quartos; e 1 zona de varanda coberta, que totalizam uma área útil de cerca de 192,7 m². O acesso ao piso referido pode ser feito pelo corredor, pela cozinha e pela despensa anexa à cozinha. Existem também 2 sacadas, 1 na varanda coberta e outra no quarto de maior dimensão.

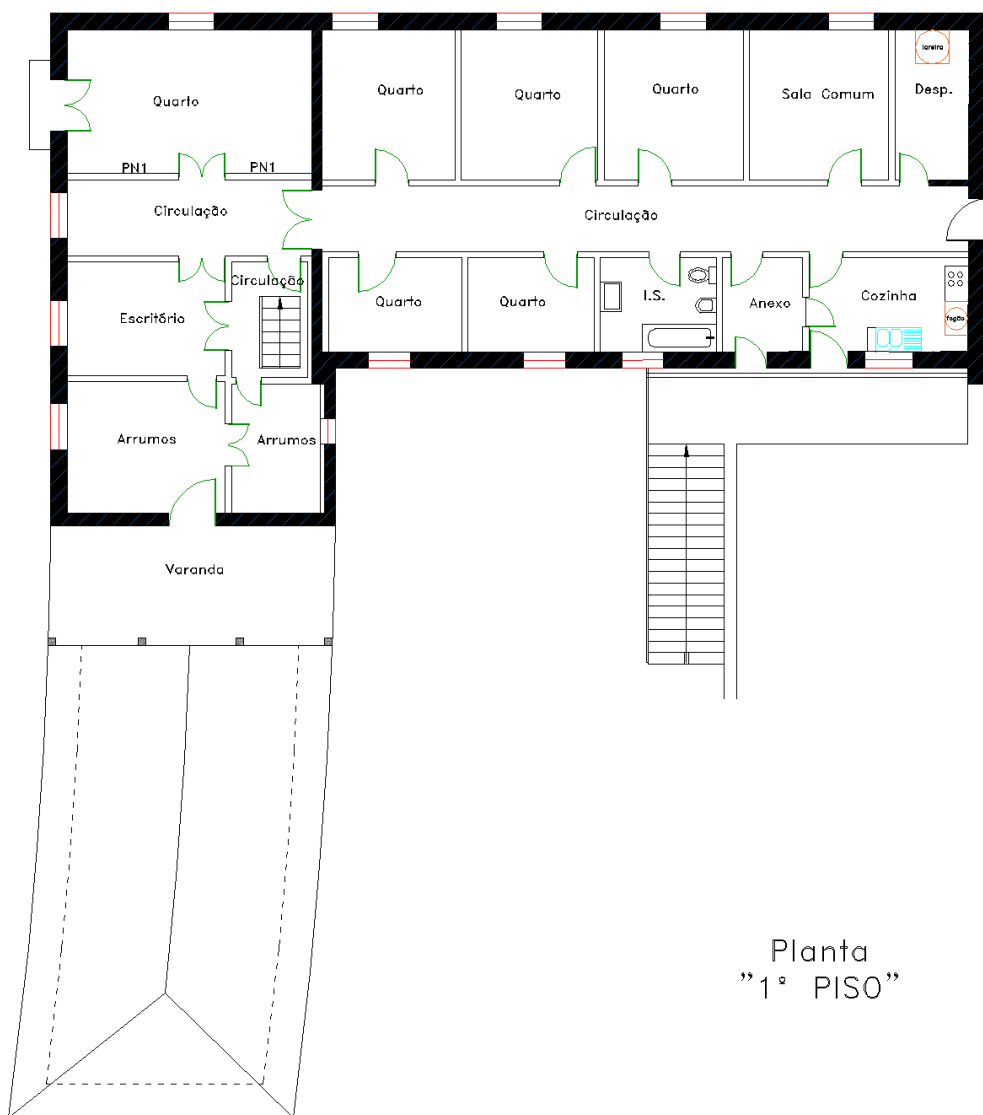


Figura 3.8. – Planta do 1º piso do edifício.

Como se pode ver na planta da figura 3.8., a cobertura no corpo 2 é de 3 águas. É constituída por uma estrutura de madeira que envolve asnas simples, pau de fileira, madres e varas, revestidas por telha vã cerâmica do tipo Lusa.

A cobertura no corpo 1 é de 2 e 4 águas. É constituída, na extremidade mais à direita, por uma estrutura de alvenaria de pedra, e na extremidade mais à esquerda por alvenaria de tijolo, que materializam as 3 águas. Ao longo do telhado prevalece uma estrutura de madeira que envolve asnas simples, pau de fileira, madres e varas, revestidas por telha vã cerâmica do tipo Lusa.

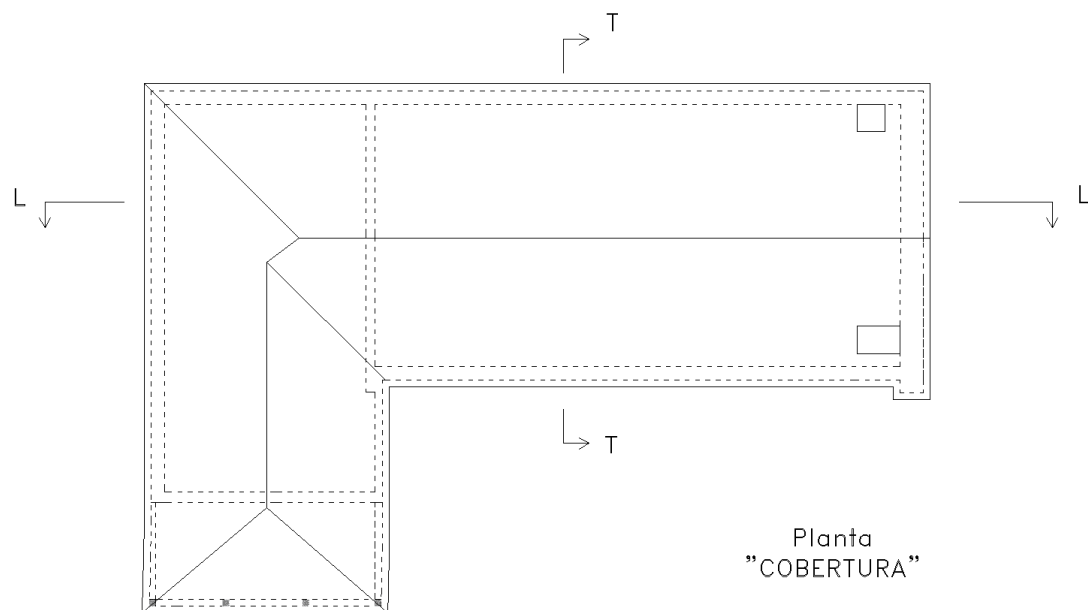


Figura 3.9. – Planta da cobertura do edifício.

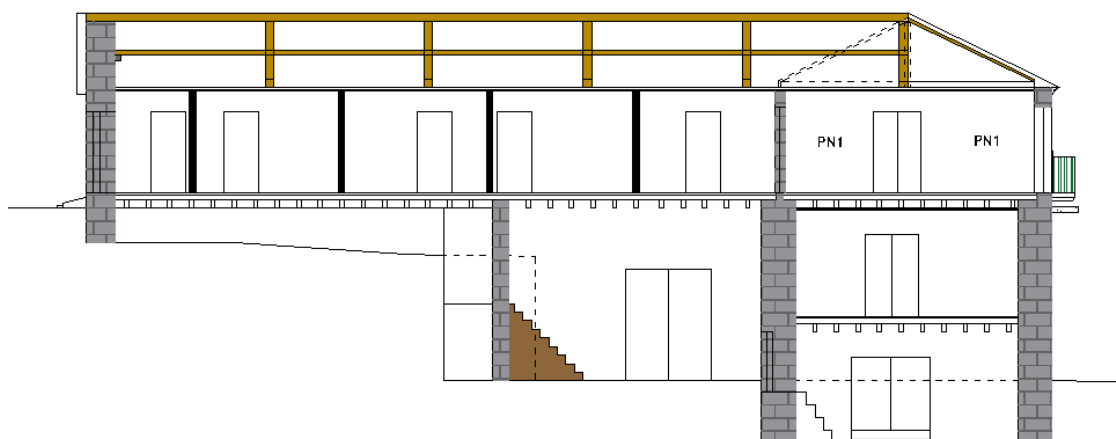


Figura 3.10. – Corte longitudinal L-L.

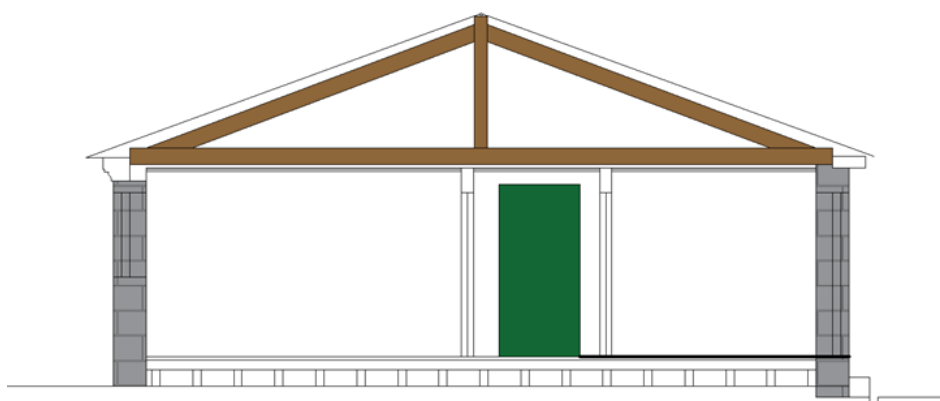


Figura 3.11. – Corte transversal T-T.

3.3. LEVANTAMENTO CONSTRUTIVO

3.3.1. COBERTURAS

A cobertura do corpo 1 do edifício é constituída por uma estrutura em madeira, sendo em alvenaria de pedra nos limites, personificando um elemento com 2 águas numa extremidade, e 4 águas noutra. Quanto à cobertura do corpo 2 do edifício, esta é constituída por uma estrutura de madeira, formando um telhado em 3 águas. Em ambos os corpos, o revestimento é feito por telha vã, do tipo Lusa.



Figura 3.12. – Vista do interior da cobertura.

A estrutura do corpo 1 envolve um conjunto de asnas simples (tais como a da figura 3.27.) espaçadas ao longo da orientação longitudinal do edifício, apoiadas nas paredes exteriores de fachada. Na fachada voltada para noroeste, a cobertura apresenta-se em 2 águas, apoiando-se na parede da fachada em alvenaria de pedra à vista, com argamassa de ligação. Na outra extremidade, a cobertura passa a 4 águas. Na zona da tacaniça, a estrutura é em alvenaria de tijolo. Na zona de transição de 2 para 4 águas, há a formação de um rincão.

Neste corpo, a cobertura é atravessada por 2 chaminés, estando uma ligada à lareira da despensa, e outra ligada ao fogão da cozinha. Verifica-se, também, que existem apenas acessórios para drenagem de águas pluviais nas fachadas nordeste e noroeste.

No corpo 2 do edifício, a cobertura forma uma empena, criando um telhado lateralmente aberto e encostado ao piso 1 do corpo 1 (fig. 3.13.). As asnas simples estão apoiadas nas paredes exteriores, não havendo travamento, sendo o peso do telhado a única força estabilizadora. Nesta cobertura também não existem acessórios para drenagem de águas pluviais.



Figura 3.13. – Pormenor da estrutura da cobertura do corpo 2 do edifício.

3.3.2. PAREDES EXTERIORES

Cada corpo do edifício apresenta um tipo diferente de parede exterior. Estas paredes são de grande espessura por serem autoportantes, de modo a suportarem o peso próprio do edifício, e por terem vãos de portas e janelas de dimensões consideráveis. Assim sendo, as paredes da cave e do rés-do-chão apresentam espessura maior que as do 1º piso. Como visto anteriormente, consideraram-se as fundações como diretas, ou seja, as paredes exteriores partem do piso térreo da cave apresentando alturas que vão dos 4 aos 10 m.

No corpo 2, e mais degradado, as paredes são em alvenaria de pedra aparelhada, com grande espessura, cerca de 0,80 m, com cunhais, mas sem argamassa de ligação (fig. 3.14.). Apenas na fachada virada a sudeste do referido corpo do edifício existe um acabamento em reboco tradicional, mas já bastante degradado.



Figura 3.14. – Paramento interior da parede exterior do corpo 2 do edifício.

Relativamente ao corpo 1 do edifício, as paredes exteriores são, na fachada voltada a sudeste e sudoeste, em alvenaria de pedra granítica à vista e de boa qualidade (fig. 3.15.), com argamassa de ligação, cantaria nos cunhais e uma cornija que, para além de elemento decorativo das casas típicas da região de Basto, funciona também como elemento de ligação entre a parede e o telhado, protegendo as fachadas das águas pluviais.



Figura 3.15. – Vista da fachada sudeste do edifício.

No que toca ao número de vãos em portas e janelas, a fachada virada a sudoeste possui 7 e a fachada virada a sudeste 12, juntamente com 2 pequenas sacadas.

Nas fachadas viradas a nordeste e a noroeste, as paredes exteriores sofreram obras de restauro, pelo que à alvenaria de pedra granítica irregular à vista com argamassa de ligação foi adicionado um beirado em betão pintado de branco (ver figura 3.16.), que faz a ligação entre a fachada e o telhado. Numa zona da fachada nordeste existe ainda um acabamento em reboco tradicional (3 camadas). Na fachada voltada a nordeste há a existência de 10 vãos de portas e janelas, e na fachada noroeste existem 9.



Figura 3.16. – Fotografia com vista da fachada virada a noroeste e um pequeno pormenor da fachada voltada a nordeste.

De origem mais recente está associada a zona da varanda coberta, com uma laje aligeirada feita à base de betão, blocos de tijolo e vigotas pré-fabricadas (fig. 3.17.) que materializa o teto do piso 1 nessa zona, sustentada por pilares em betão armado.



Figura 3.17. – A imagem à esquerda corresponde ao pormenor da laje aligeirada de cobertura, a partir da varanda coberta. A imagem à direita corresponde à vista da varanda num plano mais afastado.

3.3.3. PAREDES INTERIORES

As paredes interiores do edifício referido, responsáveis pela compartimentação e travamento geral da estrutura, são em tabique simples de madeira com pintura sobre um revestimento estucado, e têm a espessura de 0,15 m (Fig. 3.18.).



Figura 3.18. – Estrutura de paredes de tabique presentes na casa com degradação visível.

Há apenas uma parede de um quarto, PN1 (ver figura 3.8. e 3.11.), que foi recentemente demolida e, posteriormente, construída uma nova com blocos de cimento e com acabamento em pintura sobre reboco areado.

3.3.4. PAVIMENTOS

Como já referido, a estrutura dos pavimentos ao nível da planta da cave é em terra batida e a dos pavimentos superiores consiste no vigamento de troncos de madeira (com esquema de ligação às paredes de meação tal como o da figura 3.25.), de secção aproximadamente retangular, com disposição paralela entre si e um determinado afastamento que garante a sua estabilidade. Sobre o pavimento é colocado um soalho de madeira de pinho (com cerca de 3 a 4 cm de espessura), materializado a partir de tábuas de secção retangular pregado sobre o vigamento referido (fig. 3.19.).



Figura 3.19. – Vista do pavimento do 1º piso a partir da garagem.

3.3.5. TETOS

No corpo mais pequeno do edifício não há existência de teto, sendo apenas a cobertura a fazer a distinção superior entre o espaço interior e o exterior.

No que toca ao corpo principal, no 1º piso do edifício, os tetos são em madeira de pinho, com tábuas retangulares com ligação nas laterais, constituindo o painel, pintadas de branco sobre um revestimento estucado, que configuram uma espécie de teto falso em saia camisa (ver figura 3.20. e 3.26.). Apesar de apresentar boa aparência na face visível ao público, evidencia sinais de degradação na face virada à cobertura, muito pela fraca estanquidade que esta possui.



Figura 3.20. – Teto do 1º piso com estrutura em saia camisa.

Nota-se, ainda, em algumas divisões da casa uma pequena “barriga” formada pelos tetos, que indica provavelmente perda de ligação com a parede, havendo em alguns compartimentos risco de ruína.

No rés-do-chão do edifício, na zona de circulação, o teto é também ele constituído por tábuas em madeira de pinho corridas e apoiadas nas paredes, pintadas de branco sobre um revestimento estucado. No salão, o teto é em madeira de pinho envernizado (Fig. 3.21.).



Figura 3.21. – Vista com o revestimento do teto do rés-do-chão.

3.3.6. CAIXILHARIAS

No que toca à caixilharia exterior, o edifício apresenta, na fachada nordeste, janelas de guilhotina em madeira de pinho pintadas a cor branca, sendo as guarnições envolventes também elas em madeira de pinho, mas com pintura verde escura (fig. 3.22.). Estes vãos estão ligeiramente danificados e com a pintura já bastante desgastada. Nesta mesma fachada, as portas são em madeira de pinho pintadas de verde escuro, no caso do 1º piso com 1 folha, e no piso associado à entrada da garagem com 2 folhas de abrir.

Relativamente à fachada sudeste e sudoeste, a caixilharia e as janelas são em madeira de pinho com pintura verde escura. As janelas são de abrir lateralmente e as portas, com acesso ao piso do rés-do-chão, são de 2 folhas em madeira de pinho com pintura verde escura; as que dão acesso à cave possuem as mesmas características, mas têm apenas 1 folha.



Figura 3.22. – Vista das caixilharias de portas e janelas tipo presentes na habitação.

3.3.7. CAIXA DE ESCADAS

Existem 2 caixas de escadas no edifício, sendo que uma faz a ligação entre a parte da garagem à cota do piso da cave a um anexo à cota do piso do rés-do-chão, e a outra faz a ligação entre o rés-do-chão e o 1º piso.

No primeiro caso, a caixa de escadas é uma estrutura de madeira de pinho de 1 só lanço (ver figura 3.28.), com um revestimento em tábuas pregadas à estrutura, também elas em madeira de pinho, com formato retangular, que materializam o degrau. Esta estrutura é apoiada nas paredes exteriores resistentes que confinam com a garagem.

No segundo caso (fig. 3.23.), a caixa de escadas é também ela uma estrutura de madeira de pinho de 1 só lanço, com tábuas de madeira retangulares, com espessura de cerca de 3 cm pregadas à estrutura base, formando os cobertores e os espelhos. A estrutura fica travada lateralmente nas paredes de tabique e no pavimento, inferiormente e superiormente.



Figura 3.23. – À esquerda está uma fotografia com a vista das escadas interiores a partir do rés-do-chão. A fotografia à direita corresponde a uma fotografia com a vista das mesmas escadas a partir do 1º piso.

3.4. LEVANTAMENTO ESTRUTURAL

3.4.1. FUNDAÇÕES

As fundações assuem um papel fulcral no que toca à resistência estrutural do edifício, pois são estes elementos que vão transmitir a carga do edifício para o terreno. Em edifícios antigos deve ter-se especial atenção a este tipo de elementos, dado que na altura da sua construção, este processo estava associado a um trabalho elaborado com menos recursos, podendo verificar-se degradação na atualidade. É importante, por isso, inspecionar elementos do edifício de modo a verificar fendas ou outras anomalias que evidenciem assentamentos diferenciais ou outros problemas nas fundações.

Neste contexto, deve-se analisar o terreno e as suas características, e a superestrutura como um todo.

Tal como verificado, as paredes de fundações possuem uma maior espessura, de modo a suportar as restantes paredes, bem como permitir uma maior área de contacto para evitar problemas ligados a imperfeições geométricas. O edifício encontra-se numa zona de saibros, que se admitiram de boa qualidade, pelo que as fundações se supõem diretas (do tipo das representadas na fig. 3.24.), contínuas e de pouca profundidade (não existiam fendas nem outro tipo de anomalias que evidenciem problemas de assentamentos gerais ou localizados de fundações).

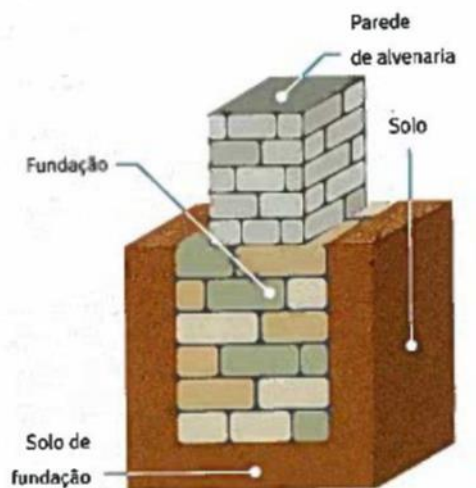


Figura 3.24. – Esquema com a tipologia de fundação direta, [5].

3.4.2. PAREDES EXTERIORES

Em construções antigas deste género, as paredes exteriores têm a função estrutural e resistente do edifício, sendo responsáveis por sustentar não só as cargas verticais (peso próprio do edifício e sobrecargas), como também possíveis cargas horizontais.

Outra característica típica das paredes exteriores destes edifícios é a sua grande espessura. Em primeiro lugar, como antigamente a construção era “menos limpa”, este sobredimensionamento diminuía o risco de instabilidade, devido a curvaturas e imperfeições geométricas. Depois, juntando à espessura o grande peso que acarretavam, estas paredes atuavam como forças estabilizadoras, mantendo o edifício seguro face ao vento ou sismos. A espessura destas paredes vai diminuindo à medida que se vai subindo de piso, uma vez que as cargas vão também elas diminuindo, [5]. Deste modo, as paredes da cave e do rés-do-chão são mais espessas que as do 1º piso, espessura esta que vai variando entre os 0,40 m e os 0,85m.

No que toca à sua constituição, as paredes exteriores, neste caso concreto, possuem estruturas e constituição diferente do corpo 1 para o corpo 2, muito devido ao facto de terem sido construídas em tempos cronológicos distintos.

3.4.3. PAREDES INTERIORES

Neste tipo de construções, como as paredes exteriores têm as funções estruturais e de resistência, as paredes interiores atuam meramente como compartimentação das diferentes divisões. No edifício do caso de estudo, as paredes são não resistentes, em tabique simples de madeira.

Para além da função referida, estas paredes atuam no travamento geral da estrutura, constituindo uma interligação entre os elementos que compõe o edifício em caso da ocorrência de um sismo.

As paredes em tabique são obtidas através da pregagem de um fasquiado sobre tábuas colocadas ao alto, sendo o conjunto revestido em ambas as faces, com reboco de argamassa de cal.

3.4.4. PAVIMENTOS

O pavimento térreo do edifício, correspondente à planta da cave, é em terra batida.

No que toca aos pavimentos elevados, o material constituinte é a madeira. Na zona assente em terra do 1º piso e rés-do-chão, pelo facto de não existirem vãos a vencer de grande dimensão, têm uma estrutura muito simples, com o vigamento principal colocado paralelamente, com um afastamento não superior a 0,50 m, onde assenta um soalho também ele de madeira, com espessura entre os 3 e os 5 cm.

No que toca às zonas de maior vão, o pavimento é elaborado de forma mais complexa pelas limitações que, provavelmente, havia na época. Para além do vigamento principal paralelo entre si, é colocado outro vigamento de forma transversal ao vigamento principal.

É importante verificar a forma como é feita a ligação entre pavimentos e paredes de apoio. Neste caso, prevê-se que esta ligação consista no encaixe das vigas de madeira em aberturas nas paredes de meiação, com um comprimento de apoio suficiente (Fig. 3.25.).

O maior vão do edifício tem um comprimento de cerca de 6m, e as vigas estima-se que tenham uma secção aproximadamente retangular de 10 x 20cm².



Figura 3.25. – Esquema da ligação do pavimento nas paredes de meiação, [5].

3.4.5. TETOS

Os revestimentos de tetos aplicam-se apenas nos pisos superiores. São também eles em madeira e apresentam um forro de “saia e camisa”, com pranchas colocadas em fiadas sobrepostas (ver figura 3.26.). As pranchas têm largura de 20 cm e, sobre elas, é aplicada uma pintura branca.

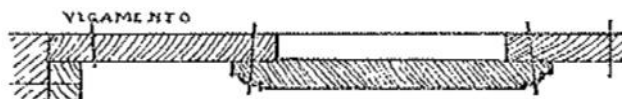


Figura 3.26. – Tipologia de teto com forro de “saia e camisa”, [6].

3.4.6. COBERTURA

A cobertura do edifício no corpo 1 é de 2 e 4 águas, enquanto que no corpo 2 é de 3 águas.

Relativamente ao corpo 1, a estrutura deste telhado é em madeira, sendo nos limites em alvenaria, formando num lado uma empena. A estrutura de madeira envolve 1 linha de asna que funciona como uma viga transversal que apoia, no caso do edifício em questão, nas paredes estruturais. Sobre esta linha, partem duas pernas que formam um ângulo entre si e que travam no pendural, que é colocado ortogonalmente ao centro da linha. Para travamento longitudinal existe, ao nível da cumeeira, o pau de fileira, e a meio vão das pernas da asna, as madres (ver figura 3.27.).

Na transição das vertentes para a tacaniça, aplica-se uma viga denominada por rincão, que se apoia no pau de fileira e no frechal, entre as paredes de meação e as paredes de fachada.

Sobre a estrutura é pregado um conjunto de varas, sobre as quais são pregadas as ripas, onde vai assentar a telha cerâmica, dizendo-se neste caso vã, pela parte interior ficar descoberta.

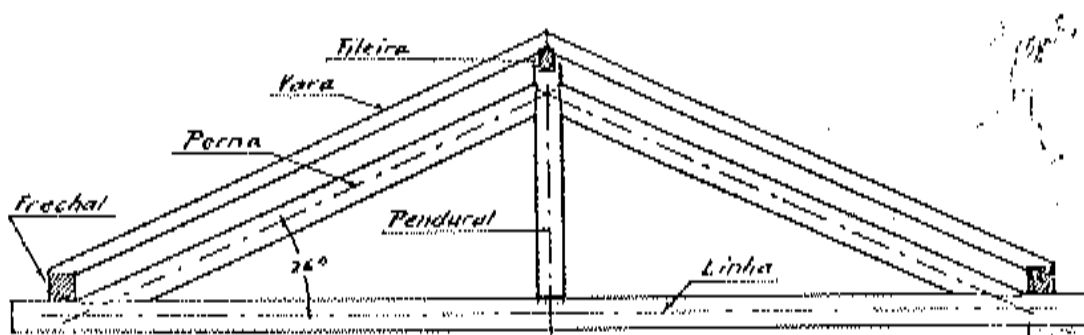


Figura 3.27. – Tipologia da estrutura da cobertura existente, com asna simples, [6].

3.4.7. CAIXA DE ESCADAS

As escadas existentes no edifício são de 1 lanço ou tiro (fig. 3.28.). Este tipo de escada simples trava em cadeias, que são tipos de vigas que se destinam a receber os topos das vigas do pavimento e que permitem fazer ligação às pernas das escadas. Sobre as pernas assentam os espelhos e os cobertores que materializam a escada. A existência do corrimão na lateral exposta permite que a transição entre pisos possa ser feita com maior segurança.



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99



Figura 3.29. – Vista do interior da cobertura onde são visíveis a humidade e o estado de degradação avançado.

3.5.3. PAREDES EXTERIORES

Em geral, as paredes exteriores de pedra do corpo 1 apresentam-se bom estado, pelo que serão mantidas sem necessidade de grandes intervenções de restauro. A parte da fachada mais recente, com acabamento em reboco tradicional, também será mantida. Apenas algumas paredes exteriores apresentam alguma falta de manutenção, verificando-se proliferação de agentes biológicos nas pedras.

O reboco, nalgumas das zonas, também apresenta alguma degradação, principalmente no corpo 2, verificando-se inclusive o seu destacamento (Fig. 3.30.). As fachadas viradas a nordeste e noroeste, por terem muita vegetação alta próxima, apresentam muita humidade.

No corpo 2, os rebocos existentes estão muito soltos e não receberam pintura de acabamento, pelo que se justifica a sua reabilitação generalizada. De qualquer forma, o estado geral deste corpo é bastante mau a todos os níveis (as paredes apresentam sinais de instabilidade e a cobertura em madeira apresenta-se, também, em estado de conservação muito deficiente).



Figura 3.30. – Vista da parede exterior da fachada sudoeste do edifício do corpo 2.

3.5.4. PAREDES INTERIORES

Um dos principais problemas associados à perda da integridade e à estabilidade das paredes de tabique é a presença de água, uma vez que estas têm na sua constituição elementos de madeira. Na moradia em questão, há zonas da casa cuja cobertura não é estanque, assim como problemas de humidade ascensional, e que levaram à degradação do reboco e consequente deterioração das estruturas de madeira e demais componentes e elementos de construção da casa feitos em madeira (ver figura 3.31.).

Ainda assim, pelas alterações que se preveem fazer na arquitetura, e em conformidade com a inspeção e diagnóstico destes elementos construtivos, as paredes em tabique serão demolidas, ver capítulo 4.



Figura 3.31. – Vista de parede interior em tabique com destacamento do revestimento em reboco.

3.5.5. PAVIMENTOS

Nos pavimentos de madeira existe o mesmo problema. A presença da água, quer pela humidade proveniente da cave, quer pela falta de estanquidade da cobertura, leva à perda de integridade das vigas de pavimento, uma vez que, para além de acelerar o processo de degradação, permite a propagação de fungos e de ataques de insetos xilófagos.

É visível, a partir da garagem, a perda de integridade das vigas de pavimento e a presença de caruncho (fig. 3.32.). O soalho, que serve de revestimento, encontra-se em mau estado de conservação em algumas zonas.

Assim, o objetivo passará por inspecionar e reabilitar o pavimento existente e, posto isto, colocar um soalho novo com aproveitamento do existente, se tal se mostrar viável.

O pavimento de madeira do 1º piso não aparenta, ainda assim, constituir a zona com as anomalias construtivas mais significativas da habitação.



Figura 3.32. – Vista do pavimento do 1º piso a partir da garagem, onde é visível perda da integridade das vigas de suporte e presença de caruncho.

3.5.6. TETOS FALSOS EM MADEIRA

O revestimento dos tetos apresenta má condição, muito pelo facto da cobertura não ser estanque, permitindo que a água se infiltre e caia sobre as peças de madeira da estrutura da cobertura e dos tetos do 1º piso, originando assim o desenvolvimento de danos na madeira por ação de xilófagos (fungos e insetos) (fig. 3.33.).

Verificou-se, igualmente, que a estrutura em saia camisa perdeu o travamento nas paredes, formando uma pequena concavidade. Em algumas zonas existe mesmo o risco de queda (fig. 3.34.). Deste modo, o revestimento dos tetos será todo substituído, como resultado da necessidade de refazer a solução da cobertura, e também por não se justificar a sua recuperação numa lógica de restauro (não apresenta um valor patrimonial elevado).



Figura 3.33. – Pormenor do teto com destacamento de tábua.



Figura 3.34. – Pormenor de teto localizadamente em elevado estado de degradação.

3.5.7. CAIXILHARIAS

A caixilharia em madeira da moradia apresenta-se um pouco degradada, muito devido à pintura que a reveste se encontrar em muitos locais “descascada”, estando a madeira em contacto direto com águas provenientes da chuva, provocando o aparecimento de fendas. A maior parte das portas e janelas são já bastante antigas e de constituição tradicional em pinho, pelo que se apresentam muito degradadas.

Acha-se, então, justificado propor a substituição integral das caixilharias e respetivas portas e janelas que constituem os vãos, o que constituirá também uma melhoria importante na térmica e acústica do edifício. Esta substituição deverá salvaguardar o desenho original das caixilharias, de modo a não descaracterizar a moradia.

3.5.8. CAIXA DE ESCADAS

As duas escadas interiores existentes no edifício, com revestimento e estrutura em madeira, apresentam um estado de conservação aceitável e serão, por isso, aproveitadas integralmente, sendo necessário apenas algum restauro.

3.5.9. INFRAESTRUTURAS

As instalações de abastecimento de água e de drenagem de esgotos em edifícios antigos, como é o caso da moradia em questão, são de realização posterior à construção do edifício original, pelo que o sistema em questão é muitas vezes arcaico e os materiais apresentam um estado de degradação acentuado.

Neste caso, o abastecimento de água é feito a partir de uma mina, a drenagem de esgotos é feita para uma fossa séptica e a captação das águas das chuvas carece de instalações adequadas. Para além do que já foi referido, a rede pública de abastecimento e saneamento localiza-se a cerca de 500m da casa, o que constitui um problema para o futuro da casa.

Assim sendo, propõe-se a remoção das instalações existentes e a substituição por um sistema moderno, preconizando-se no entanto o aproveitamento da água “de mina” com tratamento adequado, por se julgar demasiado caro o abastecimento a partir do arruamento público e não se julgar possível que tal ligação seja assegurada pela Autarquia.

4

DESCRIÇÃO GERAL DA INTERVENÇÃO PLANEADA – PROGRAMA DE REABILITAÇÃO COM MODERNIZAÇÃO

4.1. INTRODUÇÃO

A intervenção proposta apenas se refere ao corpo 1.

Após a inspeção e diagnóstico das anomalias, verificou-se que o maior problema que está presente na moradia é a cobertura. De modo a que a casa tenha uma habitabilidade durante mais 20/30 anos, terá que se levantar a cobertura existente e dimensionar e construir uma nova. A distância à rede pública também é um problema que pode interferir com a habitabilidade da casa, no entanto, e a curto prazo, o melhoramento da rede existente colmata o problema atual.

No presente capítulo, procura fazer-se uma descrição geral do que se pretende executar na moradia referida, com o intuito de conferir habitabilidade nos próximos anos.

A intervenção planeada refere-se a um restauro parcial da casa com modernização ao nível das infraestruturas e do conforto geral da casa.

Propõe-se uma alteração da arquitetura da habitação a um nível muito minimalista, de modo a criar espaços mais amplos e com melhor habitabilidade, sem ferir a casa na sua essência.

Deste modo, terão de ser efetuadas também demolições.

De realçar que a intervenção pretendida é uma intervenção de baixo custo, que visa manter integralmente a imagem e a identidade exteriores do edifício.

4.2. ALTERAÇÕES ARQUITETÓNICAS

O processo de modificação arquitetónica, quer do interior, quer da cobertura, exigiu uma constante atenção à preservação da identidade da habitação. No entanto, a modernização do edifício era imprescindível para conferir melhor habitabilidade, pelo que se apostou numa nova caixilharia, novos tetos e no rearranjo da compartimentação existente (ver figura 4.1.).

A nível da cobertura, o traçado existente foi minimamente modificado para proporcionar uma intervenção mais económica. A estrutura nova, descrita a seguir e dimensionada no capítulo 5, vai de encontro a uma cobertura com comportamento funcional do tipo “desvão ventilado”.

Assim, a proposta de intervenção para a Casa de Ferreirós é a seguinte:

- Arquitetura do 1º Piso

O 1º piso da casa é o piso coincidente com a atividade quotidiana dos moradores. É a zona de estar, da cozinha, da casa de banho e de dormida e, por isso, terá as alterações de ordem maior.

A divisão entre a sala comum e a zona de despensa irá ser demolida, dando origem a uma nova sala de refeições mais ampla e com lareira.

A zona da cozinha será ampliada, como se pode verificar através da planta do 1º piso pretendida. A cozinha será munida com todos os equipamentos necessários, para satisfazer as necessidades dos ocupantes e o bom funcionamento da mesma.

Serão criados 3 quartos através da demolição das paredes interiores dos quartos já existentes, criando divisões mais amplas e espaçosas. A casa de banho também será ampliada. A divisão será feita na zona de mudança da parte térrea, para a zona de garagem, de modo a que um dos quartos e a casa de banho não tenham que ser intervencionados termicamente a partir da garagem.

O quarto com varanda dará origem a um escritório/quarto de hóspedes.

A zona atual do escritório e dos arrumos será unificada, através da demolição das paredes interiores, dando origem a uma sala de estar espaçosa e com varanda coberta.

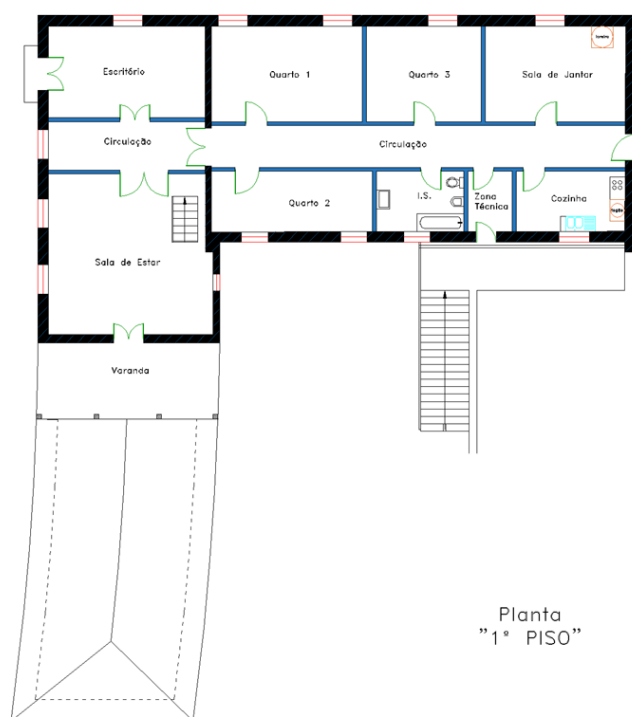


Figura 4.1. – Planta com a arquitetura proposta ao nível do 1º piso.

- Cobertura

A nova cobertura vai ser uma cobertura com um tipo de asna nova, mais corrente (ver capítulo 5). Uma asna simples, uma vez que não existem desvãos que impliquem uma asna de maior complexidade, com uma linha que percorre o vão entre paredes exteriores, que se liga ao pendural por um ligador metálico, do qual saem 2 pernas que se apoiam na linha referida, formando um ângulo que normalmente está entre os 20° e 30°, mediante as condições de proteção da habitação e agressividade do ambiente externo, considerada a localização, mas também e sobretudo a pendente mais adequada da telha a usar. A 60° com o pendural sai 1 tirante/escora para cada lado, que se liga à perna. Estes tirantes permitem amortecer as cargas que as madres exercem a meio vão nas pernas.

A meio vão nas pernas assentam, então, as madres que percorrem o edifício longitudinalmente, ligando-se à asna seguinte. O vão das madres não deverá ser superior a 3,50 m, de modo a que estas mantenham a resistência estrutural ao longo de toda a sua extensão.

De modo a reduzir a deformabilidade do telhado como um todo, considerou-se que as madres ficassem afastadas entre si cerca de 1 metro, para que as placas de OSB que irão materializar um novo forro, praticamente se mantenham indeformáveis.

Sobre as madres será então aplicado um forro corrido em OSB, aparafusado às mesmas, acabando por garantir que todo o conjunto funcione como um todo contínuo no plano de cada água do telhado.

Sobre o forro guarda-pó em OSB aplica-se um ripado de madeira de pinho tratado, destinado a fixar a telha, preconizando-se a aplicação de uma sub-telha tipo “Onduline” para garantir uma segurança adicional à entrada de água na construção, considerando que não será realizada laje de esteira ao nível do teto do 1º piso. Sobre o ripado de PVC vão assentar telhas do tipo Lusa.

Após consulta de mercado, e recorrendo à empresa fabricante de telha cerâmica do tipo Lusa “Cerâmica Torreense”, escolheu-se a telha como a da figura 4.2.



Figura 4.2. – Telha do tipo Lusa da marca Cerâmica Torreense, [7].

Como as características da telha serão importantes para o capítulo 5, o quadro identifica as principais informações técnicas relativas à telha escolhida, retiradas do catálogo da empresa.

Quadro 4.1. – Algumas características técnicas da telha Lusa escolhida, [7].

Espaçamento do ripado	38,5 cm
Peso	3,800 Kg
Comprimento	46,5 cm
Largura	27,0 cm
Unidades/m ²	11,5

Relativamente à placa da subtelha do tipo “Onduline”, estes tipos de placas podem ser aplicados em estruturas contínuas ou descontínuas e deverão ser aplicadas sobre uma base rígida, face à sua consistência flexível.

Consultando o catálogo da Onduline e para telhas do tipo Lusa, optou-se pelas placas de subtelha com a referência Onduline ST50, conforme se mostra na figura 4.3.



Figura 4.3. – Subtelha Onduline ST50, [8].

A subtelha Onduline ST50 implica que se aplique um ripado de PVC para travamento das telhas do tipo Lusa. Estas ripas terão 2000 x 30 x 22 mm. Nas zonas de chaminé deverão aplicar-se fitas adesivas impermeáveis com a referência ONDUBAND [8].

Relativamente ao forro em OSB, recorreu-se à empresa “JULAR Madeiras”, na qual se prevê a utilização de placas de OSB do tipo “Kronoply OSB 3”, indicadas para coberturas de edifícios onde se possam verificar condições de humidade. Estes painéis podem ser fornecidos com espessuras variáveis, entre 9 e 22 mm, e com dimensões de 2500 x 595 mm ou 2500 x 1250 mm, [9].

É importante que todas as ligações entre as diferentes peças da asna devam ser bem executadas, exigindo uma pormenorização concisa e especial atenção na fase de dimensionamento. Para aumentar a resistência da asna, deverão colocar-se reforços metálicos nestas ligações entre os diferentes constituintes (ver capítulo 5).

Estas ligações podem ser executadas por:

- Entalhe;
- Pregagem;
- Aparafusamento;
- Chapas metálicas prensadas;
- Reforços metálicos aparafusados.

Os ligadores escolhidos serão ligadores tradicionais tipo pés de galinha.

Como visto, com esta tipologia há a garantia de ventilação nas faces interiores das telhas, através de aberturas ao longo da cumeeira e do espaço livre sob as telhas.

A zona das novas chaminés deverá ser alvo de pormenorização, de modo a que seja possível a extração de fumo sem comprometer a estanquidade da cobertura.

A nova solução vai alterar um pouco o traçado do telhado (ver figura 4.4.) e uma das suas pendentes, por se justificar ser viável, quer do ponto de vista económico, quer do ponto de vista construtivo. Assim sendo, o pretendido será que, em ambas as extremidades, o telhado seja de 2 águas, formando um traçado linear e ortogonal na zona de transição. Para haver esta materialização, será colocada uma viga em betão armado, V1, que sustentará uma parede de alvenaria de blocos de betão, PBB 1. Deste modo, será possível apoiar as asnas e meias-asnas de forma a que as pendentes se aproximem do original. Na zona da cobertura da varanda, será feita também uma parede de alvenaria, formando a cobertura em 2 águas.

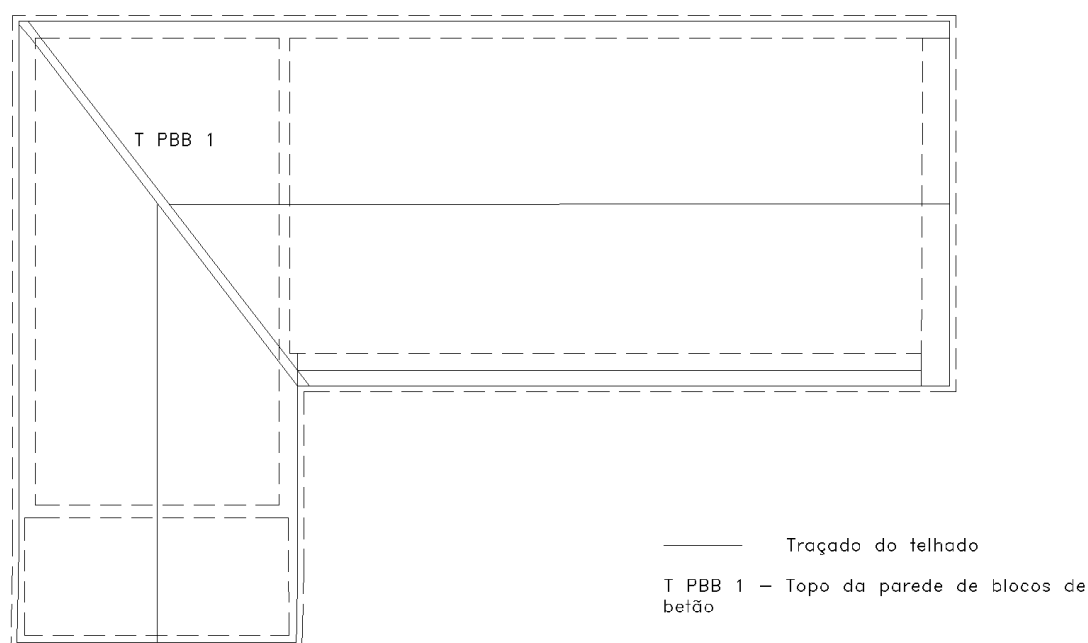


Figura 4.4. – Planta com o traçado proposto para a cobertura.

4.3. PLANO DE DEMOLIÇÕES E NOVAS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS A APLICAR

No que toca às demolições, estas vão estar diretamente ligadas à nova arquitetura e ao estado de degradação dos diferentes elementos anteriormente inspecionados.

Deste modo, vão manter-se as paredes de meação e as paredes exteriores do edifício, por se apresentarem em bom estado, não se tendo verificado qualquer tipo de fissura ou problema que evidenciasse um problema estrutural a necessitar intervenção. O mesmo vale para as comunicações verticais, que fazem a ligação entre pisos, as quais se vão manter.

Relativamente ao piso da cave, serão substituídos todos os elementos não estruturais que neste piso existem, sendo eles as portas e as janelas. As portas e as janelas do piso 1 serão também substituídas, uma vez que já apresentam um estado avançado de degradação. Será assim

necessário remover todas as portas e janelas da habitação, para serem substituídas por soluções mais modernas.

No rés-do-chão do corpo 1, os pavimentos em madeira serão restaurados e/ou substituídos por uns idênticos, uma vez que não foram alvo de análise mais aprofundada. A remoção das vigas dos pavimentos será assim efetuada de forma localizada. Os soalhos serão todos desmontados no rés-do-chão, para permitir a inspeção e reabilitação do vigamento, prevendo-se o seu reaproveitamento quase total.

No 1º piso do corpo 1, os pavimentos terão o mesmo tratamento que no rés-do-chão. As paredes de compartimentação em tabique de madeira serão todas demolidas, pela alteração arquitetónica imposta, a fim de criar compartimentos mais amplos, bem como os tetos falsos existentes em madeira.

As portas e as janelas exteriores serão integralmente substituídas por soluções análogas. Uma das portas da cozinha será fechada, sendo a entrada lateral efetuada pela zona técnica.

Os tetos falsos em madeira do teto do piso 1 serão totalmente demolidos e substituídos por tetos em gesso cartonado.

As infraestruturas ligadas ao abastecimento de águas, drenagem de águas residuais e pluviais, serão completamente retiradas e substituídas por um novo sistema, conforme projeto mais à frente apresentado (ver capítulo 6).

A cobertura é o caso que apresenta maior urgência, pelo que será demolida e retirada a existente, e dimensionada e colocada uma nova (ver capítulo 5).

4.4. RESTAURO DO EXISTENTE

Alguns elementos do edifício apresentam-se, de certa forma, em bom estado, pelo que o seu restauro permitirá readaptar estes elementos, evitando a sua substituição integral. É importante que as intervenções feitas ao nível do restauro não descaracterizem o edifício.

Os principais elementos a restaurar serão os seguintes:

- Pavimentos em madeira

O soalho dos pavimentos apresenta alguns danos em algumas tábuas, pelo que poderá ser feita a sua substituição localizada. A nível estrutural, não foi feita uma análise aprofundada, pelo que a ideia será restaurar a estrutura atual, podendo ser necessária a substituição de algumas vigas de madeira por semelhantes;

- Paredes exteriores

As paredes exteriores em granito apresentam-se em boas condições, podendo ser integralmente aproveitadas. O restauro destes elementos envolve a limpeza da pedra à vista e a reparação integral dos rebocos, de modo a proporcionar um melhoramento do efeito estético;

- Escadaria de madeira

As caixas de escadas de madeira apresentam-se em bom estado, apenas com um ou outro patamar mais danificado, podendo ser feita a sua substituição localizada. Um tratamento da madeira pode ser feito, de modo a conferir maior durabilidade.

- Cornija e beirado

A cornija e o beirado estão íntegros, pelo que poderão ser aproveitados. Será necessário a limpeza destes elementos e nivelamento ao nível das paredes exteriores, de modo a que seja possível instalar a nova estrutura da cobertura.

4.5. SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS NOVAS – ALGUNS EXEMPLOS

4.5.1. TETO FALSO EM GESSO CARTONADO

Por força das anomalias existentes, e como será feita uma nova cobertura, é necessário demolir os tetos existentes, dando lugar a tetos falsos em gesso cartonado. Esta solução construtiva traz uma maior possibilidade de execução de projetos de iluminação, os quais configurarão um espaço mais moderno e dinâmico no interior, e que contrastarão com as características rurais e rústicas da envolvente exterior.

O tipo de teto falso em gesso cartonado a usar será o da tipologia da marca “PLADUR”, com o esquema de ligação igual ao da figura 4.5.

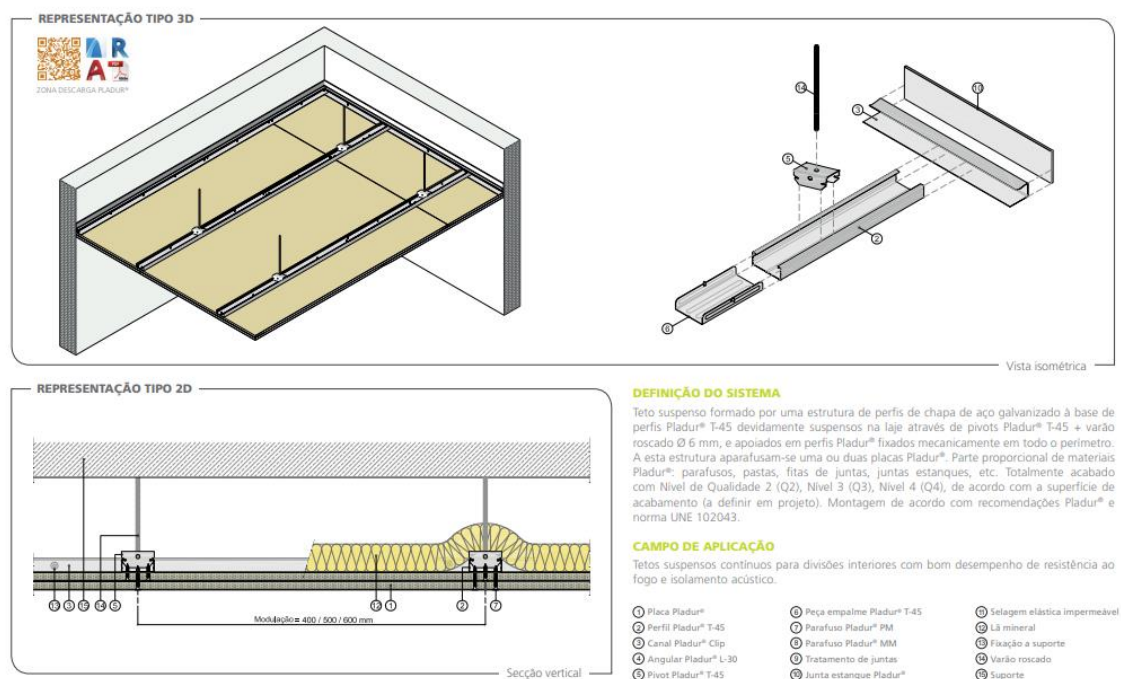


Figura 4.5. – Sistema de teto falso de pladur T-45/2 x 15 F MV, [10].

Foi escolhido o teto suspenso de pladur com estrutura simples e com a referência T-45/2 x 15 F MV, que permite a aplicação de isolamento em lã mineral na face superior do mesmo.

4.5.2. PAREDES DIVISÓRIAS NÃO ESTRUTURAIS

De forma a compartimentar as novas divisões, terão que se executar paredes divisórias sem necessidade estrutural. O pretendido serão paredes divisórias não estruturais em gesso cartonado. Recorrendo à empresa “PLADUR”, escolheu-se um tabique pladur simples com isolamento pelo interior em lâ mineral, com a referência “120 (90) MW”, materializando uma parede com 0,12 m de espessura, sendo o seu sistema igual ao da figura 4.6.

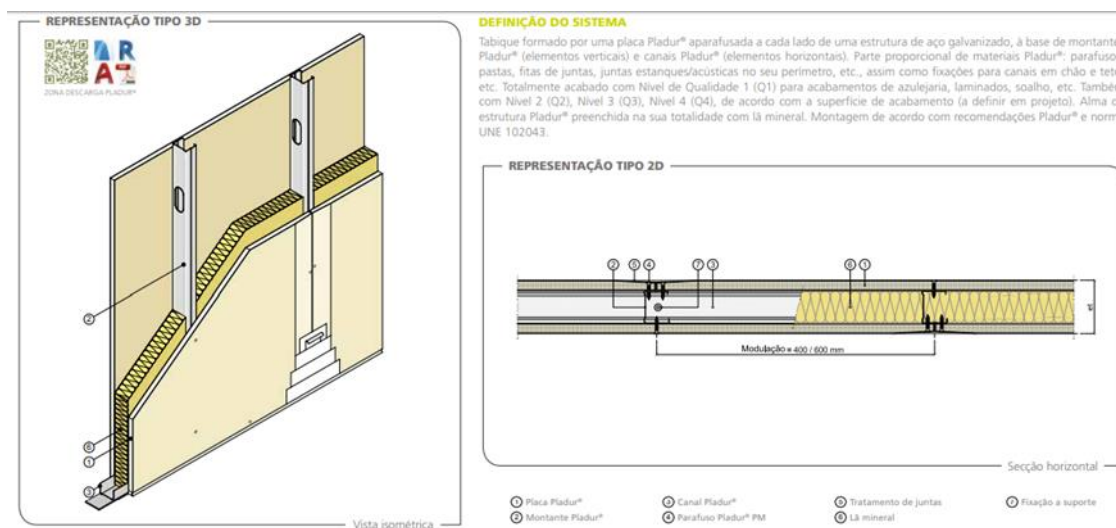


Figura 4.6. – Sistema de parede divisória do tipo 120 (90) MW, [11].

4.5.3. CAIXILHARIAS EXTERIORES

As caixilharias novas serão substituídas por umas novas caixilharias em madeira, pintadas de verde, de modo a configurar o aspeto histórico da habitação existente. O mesmo acontece para a portada da varanda.

Estas caixilharias terão uma construção mais moderna, do tipo GERCIMA ou equivalente, com um desenho semelhante ao existente atualmente, mantendo assim a fachada característica da casa (fig. 4.7.). Seguem-se imagens do que se pretende executar, apenas adaptando-se o desenho e acabamentos ao aspeto final pretendido.



Figura 4.7. – Tipo de caixilharias que se pretendem executar na casa, [12], [13].

4.5.4. INFRAESTRUTURAS

Relativamente às instalações elétricas, pretende criar-se uma pequena zona entre a estrutura da cobertura e do teto onde vão ser colocadas e espaçadas esteiras, de modo a colocar os caminhos de cabos elétricos que servem o piso do rés-do-chão. Toda a instalação elétrica neste piso principal deverá ser nova, incluindo quadros elétricos, tomadas e rede de terras, sendo criadas condições para a expansão da rede para os pisos inferiores, atualmente não usados, exceto a garagem e as salas principais do rés-do-chão, cujas instalações elétricas serão também objeto de renovação.

No que toca às instalações de água, o primeiro passo será retirar o depósito na cobertura e colocar um novo na garagem, de modo a que seja possível armazenar e disponibilizar água a qualquer altura do dia para os moradores. Anexo ao reservatório será colocado equipamento para tratamento da água. De seguida, as canalizações serão substituídas de PEAD existente para PPR, tanto ao nível da água quente, como da água fria. O aquecimento de água será feito a partir de um esquentador elétrico que será colocado na zona anexa à cozinha, substituindo o rudimentar processo de aquecimento por forno a lenha. Deverá existir, também, um grupo de bombagem, sempre munido com válvula antirretorno e com um depósito de ar comprimido a montante, de modo a que a água possa chegar em boas condições de pressão, satisfazendo a necessidade dos seus consumidores.

Relativamente às águas residuais, será substituída a rede existente por uma nova. A nova rede manterá sensivelmente o traçado da rede existente. Para esconder a tubagem, serão criadas courettes ou paredes em gesso cartonado, sempre dependendo de questões económicas e estéticas. A nova rede será em PVC rígido.

Por fim, será necessário criar um sistema eficiente de drenagem de águas pluviais. O resquício de acessórios existentes será substituído por um conjunto de caleiras e tubos de queda em PVC, devidamente dimensionados. As caleiras terão a geometria semicircular e serão colocadas na zona de beiral através de fixadores devidamente espaçados, abrangendo a zona de influência das vertentes do novo telhado. Das caleiras nascerão, em determinadas zonas, os tubos de queda, que levarão a água verticalmente até condutas/coletores.

Estes últimos levarão a água até linhas de água já existentes, ou para zonas que seja possível a drenagem de forma natural destas águas para terrenos na vizinhança, uma vez que a rede pública se localiza a cerca de 500 m da habitação.

4.5.5. QUADRO SÍNTESE

Quadro 4.2. – Quadro síntese com a proposta de intervenção no edifício.

Proposta	Nova Arquitetura no 1º Piso e Cobertura
Estruturas a Demolir	Cobertura existente e paredes interiores
Estruturas a Substituir	Infraestruturas, Tetos Falsos, Pavimentos (localizadamente), Caixilharias, Portas e Janelas.
Estruturas a Construir	Tetos falsos e paredes divisórias não estruturais em gesso cartonado.

5

PROJETO DA COBERTURA

5.1. INTRODUÇÃO

No presente capítulo, apresenta-se uma parte do projeto de estruturas que será necessário produzir para responder ao programa definido no capítulo anterior.

O trabalho desenvolvido refere-se à cobertura da casa. Desenvolveu-se, de forma integral, o projeto para uma nova cobertura, incluindo o desenho da solução e o correspondente cálculo e pormenorização.

Para o desenvolvimento deste projeto, recorreu-se à legislação aplicável a estruturas de madeira, o Eurocódigo 5 (EC5, parte 1.1).

Inicialmente, definiu-se a solução em termos de geometria e localização e dimensões das diversas peças de madeira, desenhada posteriormente em Autocad. Para se proceder às verificações de segurança previstas no EC5, foi desenvolvido um modelo de cálculo que simulou o funcionamento da estrutura em questão, usando o programa de cálculo automático, ROBOT, tendo-se obtido valores para esforços, tensões de cálculo e deformações associadas às ações. Com esses valores e os formulários definidos no EC5 (parte 1.1), verificou-se a segurança da solução, antes pré-dimensionada.

Foi feita a verificação da asna mais solicitada (com maior vão), tendo-se seguido um modelo similar para a asna com menor vão.

5.2. DEFINIÇÃO DA GEOMETRIA DA ESTRUTURA

As asnas que se pretendem dimensionar têm um vão de 8 m e uma pendente de 30°, isto para uma cobertura com telha do tipo Lusa, na zona climática 3 (Celorico de Basto), sob uma condição de exposição considerada protegida.

No pré-dimensionamento dos diferentes elementos da cobertura foi utilizada a seguinte tabela.

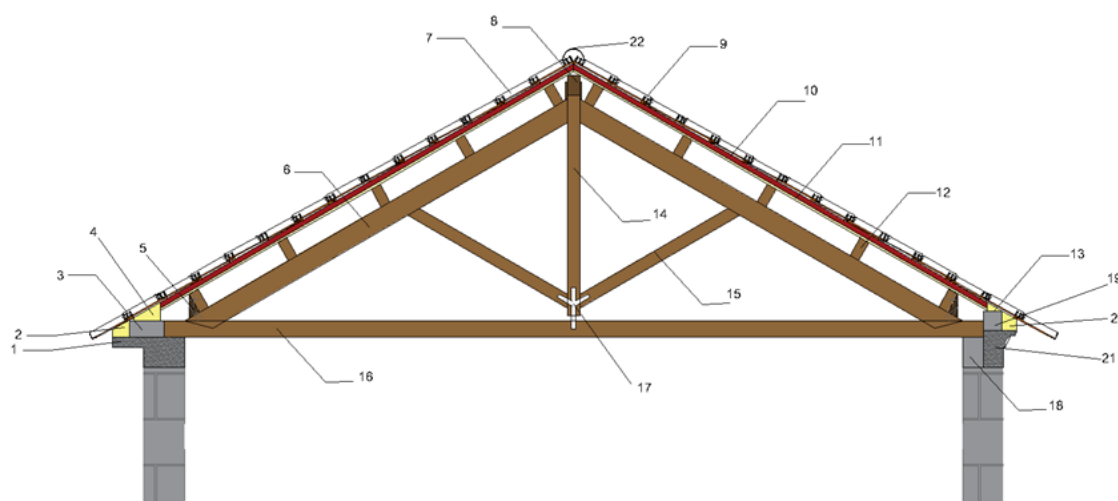
Quadro 5.1. – Quadro com secções mínimas em função do tamanho de vão para asnas simples, [6].

TABELAS DE CÁLCULO

Tabela I – ASNAS SIMPLES

Vãos	Linhas	Pernas	Escoras	Pendurais	Madres	Varas
5.00	12 × 10	12 × 10	10 × 10	10 × 10	16 × 10	6 × 4
6.00	14 × 10	16 × 10	12 × 10	10 × 10	18 × 10	6 × 4
7.00	14 × 12	16 × 12	12 × 12	12 × 12	18 × 10	8 × 6
8.00	16 × 12	20 × 12	12 × 12	12 × 12	20 × 10	8 × 6

Tal procedimento deu origem à seguinte geometria de asna, definida na seguinte figura.



- 1 – Beirado em betão armado (existente); 2 e 4 – Berço e almofada para pousar OSB, subtelha e beirado; 3 – Cinta de betão armado nova (cintar beirado); 5 – Calço em madeira; 6 – Perna em madeira maciça; 7 – Telha cerâmica; 8 – Pau de fileira em madeira maciça; 9 – Ripado em PVC; 10 – Subtelha Onduline; 11 – Forro guarda-pó em OSB aparafusado (e=19 mm); 12 – Madre em madeira maciça; 13 e 20 – Berço e almofada para pousar OSB, subtelha e beirado; 14 – Pendural em madeira maciça; 15 – Escora em madeira maciça; 16 – Linha em madeira maciça; 17 – Ligador metálico; 18 – Cinta de betão armado nova (cintar a parede); 19 – Cinta de betão armado nova (cintar cornija em pedra); 21 – Cornija em pedra; 22 – Telha de cumeeira.

Figura 5.1. – Geometria da asna simples.

Posteriormente, definiu-se a planta de estruturas de madeira para a cobertura prevista (fig. 5.2.).

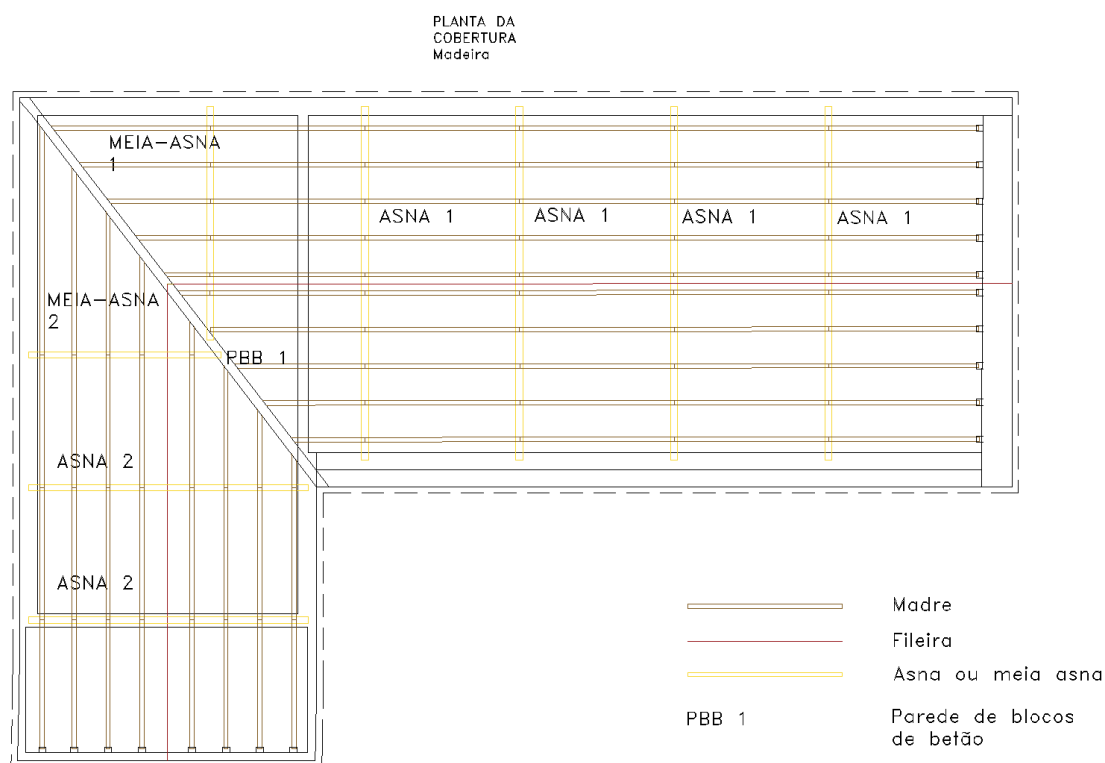


Figura 5.2. – Planta estrutural da cobertura de madeira.

5.3. DADOS GERAIS

A estrutura de madeira representada é composta pelos diferentes elementos em pinho, o qual se considerou de classe de resistência C18. As principais características desta madeira C18 está exposta no seguinte quadro.

Quadro 5.2. – Características da madeira de classe de resistência C18, (adaptado [14]).

Classe da madeira	Flexão $f_{m,k}$ [MPa]	Tração $f_{t,o,k}$ [MPa]	Compressão $f_{c,0,k}$ [MPa]	Compressão $f_{c,90,k}$ [MPa]	Corte $f_{v,k}$ [MPa]	Módulo de Elasticidade $E_{0,mean}$ [GPa]
C18	18	11	18	2,2	2,0	9

O cálculo das propriedades de resistência deve ser feito através da seguinte expressão:

$$X_d = k_{mod} \times \frac{X_k}{\gamma_m} \quad (5.1)$$

Onde:

X_d	Valor de cálculo de determinada propriedade de resistência;
k_{mod}	Fator de modificação da resistência, que tem em conta o efeito da duração das ações e do teor em água;
X_k	Valor característico de determinada propriedade de resistência;
γ_m	Coefficiente parcial de segurança para uma propriedade de um material.

No caso concreto, a madeira é maciça e, por isso, tem um $\gamma_m=1,3$ e o valor de k_{mod} é selecionado a partir do quadro 5.3.

Quadro 5.3. – Valores de k_{mod} , (adaptado de [15]).

Material	Classe de serviço	Ação permanente	Ação de longa duração	Ação de média duração	Ação de curta duração	Ação instantânea
Madeira Maciça	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90

No qual:

Ação permanente	Mais de 10 anos de duração (peso próprio);
Ação de longa duração	Entre 6 meses e 10 anos de duração (sobrecargas de carácter permanente);
Ação de média duração	Entre 1 semana e 6 meses (sobrecargas correntes ou neve em certos casos);
Ação de curta duração	Menos de 1 semana (vento ou neve em certos casos);
Ação instantânea	Vento, sismos ou ações acidente.

Ainda assim, é necessário definir o parâmetro de deformação, k_{def} , e que no caso da madeira maciça pode tomar os seguintes valores, em função da classe de serviço (quadro 5.4.):

Quadro 5.4. – Valores de k_{def} , (adaptado de [15]).

Material	Classe de serviço	k_{def}
Madeira Maciça	1	0,60
	2	0,80
	3	2,00

5.4. CÁLCULO DAS AÇÕES

As ações são definidas de acordo com a sua variação no tempo e podem ser definidas como permanentes (G), como é o caso do peso próprio da estrutura em si, e em variáveis (Q) que, no caso concreto em estudo, serão a sobrecarga na estrutura da cobertura e a ação do vento. Estas ações são definidas tendo em conta a regulamentação em vigor, que neste caso preciso é a NP EN 1990:2009 - Eurocódigo 0.

Considera-se, também, que para o caso da madeira maciça da classe C18 o peso volúmico será de $\gamma_{C18}=3,8 \text{ kN/m}^3$, admitindo-se assim o uso de madeira classificada importada. As ações são quantificadas pelo desenvolvimento ao longo das madres que assentam sobre as asnas da cobertura.

5.4.1. AÇÕES PERMANENTES

As ações permanentes existentes na cobertura, bem como as suas características e pesos próprios associados, estão representados no quadro 5.5.

Quadro 5.5. – Ações permanentes – peso próprio dos elementos da cobertura.

Ações permanentes	Características	Pesos próprios
Telha Lusa – Torreense Cerâmicas	Telha cerâmica do tipo Lusa	0,43 kN/m ²
Subtelha Onduline	Subtelha Onduline ST50	0,029 kN/m ²
Ripas em PVC	Ripas em PVC Onduline 30 x 22 mm	0,010 kN/m ²
Forro guarda-pó em OSB	Forro guarda pó em OSB com 1,9 cm de espessura	0,070 kN/m ²
TOTAL REVESTIMENTOS COBERTURA		0,539 kN/m²
Tetos falsos (já considera o isolamento térmico em lã de rocha)	Teto falso em gesso cartonado	0,20 kN/m ²
TOTAL TETOS FALSOS		0,20 kN/m²
Madres em madeira de pinho*	Madeira maciça C18 com secção 200x100mm ²	0,076 kN/m ²
Pernas em madeira de pinho*	Madeira maciça C18 com secção 200x120mm ²	0,091 kN/m ²
Linha em madeira de pinho*	Madeira maciça C18 com secção 160x120mm ²	0,073 kN/m ²
Escora em madeira de pinho*	Madeira maciça C18 com secção 120x120mm ²	0,055 kN/m ²
Pendural em madeira de pinho*	Madeira maciça C18 com secção 120x120mm ²	0,055 kN/m ²
Pau de fileira em madeira de pinho*	Madeira maciça C18 com secção 200x120mm ²	0,091 kN/m ²

(*) – Calculados automaticamente no ROBOT, considerando $\gamma = 3,80 \text{ kN/m}^2$

5.4.2. AÇÕES VARIÁVEIS

Como foi visto, as duas ações variáveis a determinar, tendo em conta o caso em estudo, são a sobrecarga e a ação pela força do vento.

5.4.2.1. SOBRECARGA

No caso da sobrecarga, os valores a considerar no cálculo da cobertura dependem da sua acessibilidade, levando a uma de algumas categorias. Estes valores estão de acordo com a secção 6.3.4.1. da NP EN 1991-1-1:2009 - Eurocódigo 1.

A cobertura do edifício em estudo remete-nos para a categoria H, “Coberturas não acessíveis, exceto para operações de manutenção e reparação correntes”. Posto isto, na mesma norma, estão definidos, no Quadro NA-6.10 do Anexo Nacional, os valores mínimos correspondentes à sobrecarga concentrada, Q_k , e da sobrecarga uniformemente distribuída, q_k , que devem ser utilizados para coberturas da categoria acima inserida. Deste modo, temos o seguinte, ver quadro 5.6.

Quadro 5.6. – Sobrecarga em coberturas da categoria H, (adaptado de [16]).

Cobertura	q_k [Kn/m ²]	Q_k [Kn/m ²]
Categoria H	0,4	1,0

5.4.2.2. AÇÃO DO VENTO

A quantificação da ação do vento rege-se pela NP EN 1991-1-4:2010. Esta norma não considera coberturas de 3 vertentes, pelo que teve de ser feita uma simplificação na habitação do caso de estudo. Foi considerada, então, uma estrutura de 2 águas para o objeto, com altura $z=8,5$ m ao longo da sua extensão.

Neste sentido, a quantificação das ações relativas ao vento está associada à pressão, w , que o vento exerce na estrutura no paramento exterior e interior.

i. Pressão dinâmica de pico

Pela secção 4.5. da NP EN 1991-1-4:2010, a pressão dinâmica de pico à altura z , $q_p(z)$, resulta da velocidade média e das flutuações de curta duração da velocidade do vento, sendo a sua quantificação feita através da seguinte expressão:

$$q_p(z) = [1 + 7 \times l_v(z)] \times \frac{1}{2} \times \rho \times v_m^2 = c_e(z) \times q_b \quad (5.2.)$$

Onde:

$l_v(z)$ – Intensidade da turbulência;

ρ – Massa volúmica do ar (recomendado = $1,25 \text{ kg/m}^3$);

v_m – Velocidade média do vento;

$c_e(z)$ – Coeficiente de exposição;

q_b – Pressão dinâmica de referência.

O coeficiente de exposição, $c_e(z)$, pode ser obtido pelo gráfico da figura 4.2 da Norma referenciada. Esta figura relaciona o coeficiente de exposição com a altura do edifício acima do solo, z , e com a orografia do terreno. É considerado um coeficiente de orografia, $c_o(z)=1$, uma vez que o terreno é plano, e um coeficiente de turbulência, $k_1=1$, valores estes recomendados pela Norma.

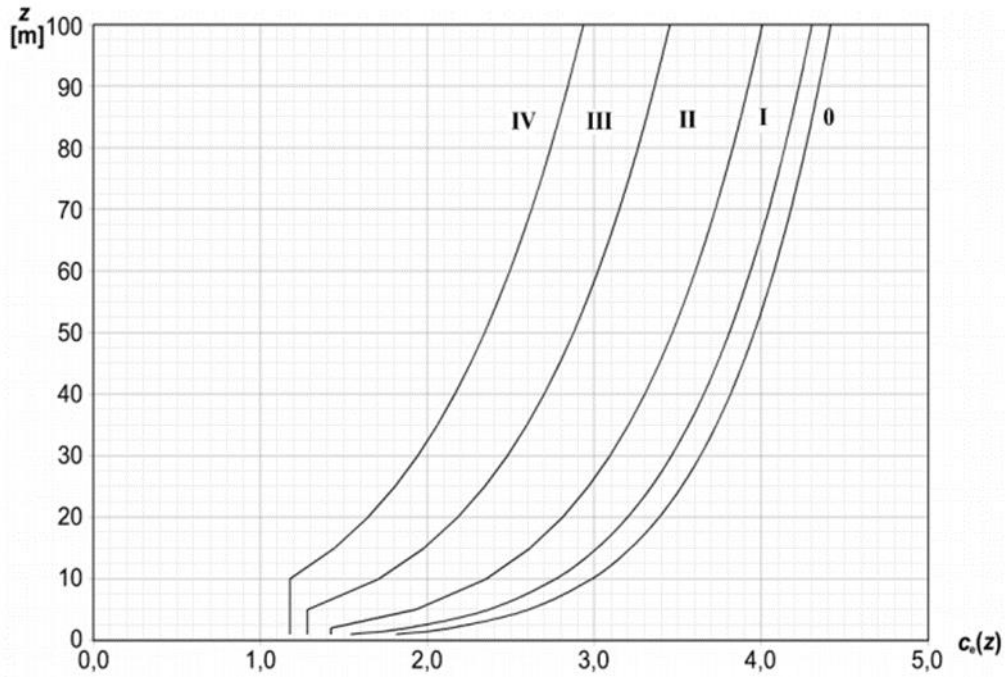


Figura 5.3. – Coeficiente de exposição, [17].

Importa perceber, primeiramente, em que categoria e parâmetro de terreno o edifício se encontra, tendo em conta a rugosidade do terreno. O edifício coloca-se, então, na zona III relativo a uma “zona com uma cobertura regular de vegetação ou edifícios, ou com obstáculos isolados com separações entre si de, no máximo, 20 vezes a sua altura (por exemplo: aldeias, zonas suburbanas, florestas permanentes)”. Desta categoria retiramos os valores $z_0=0,3$ e $z_{\min}=5$.

Então, interpolamos o valor do coeficiente de exposição para um valor de $z=8,5\text{m}$, inserido na categoria III, obtendo assim um $c_e(z) = 1,58$.

O valor de q_b depende do valor de referência da velocidade do vento, v_b . Seguindo as indicações previstas na Norma, resultou um valor de $v_b = 27 \text{ m/s}$, tendo-se inserido o edifício na ZONA A (está abaixo dos 600m). Assim, teremos o seguinte:

$$q_b = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2 \quad (5.3.)$$

Logo, $q_b = 456 \text{ N/m}^2 = 0,456 \text{ kN/m}^2$.

Recorrendo à expressão de cálculo da pressão dinâmica de pico (5.2.):

$$q_p(z) = 1,58 \times 0,456 = 0,720 \text{ kN/m}^2$$

ii. Pressão exercida pelo vento

O vento exerce dois tipos de pressão num determinado elemento: pressão interior, w_i , e pressão exterior, w_e .

Para o cálculo destas pressões, a Norma define, na secção 5.2., as expressões a considerar, sendo elas:

$$w_e = q_b(z_e) \times c_{pe} \quad (5.4.)$$

$$w_i = q_b(z_i) \times c_{pi}$$

Nas quais:

q_b	Pressão dinâmica de pico;
z_e	Altura de referência para pressão exterior;
c_{pe}	Coefficiente de pressão para pressão exterior;
z_i	Altura de referência para pressão interior;
c_{pi}	Coefficiente de pressão para pressão interior.

Neste caso concreto, a pressão resultante, w , exercida na cobertura corresponderá à “*diferença entre as pressões que atuam sobre as faces opostas, tendo em devida conta os seus sinais. Uma pressão exercida contra a superfície é considerada positiva, ao passo que uma sucção, atuando com um sentido que se afasta da superfície, é considerada negativa*”. A direção do vento analisada foi a perpendicular ao comprimento do edifício, tendo um ângulo $\theta = 0^\circ$ por se considerar a mais significativa.

a) Coefficiente de pressão exterior para a cobertura

Dependendo da área de superfície carregada, existem dois tipos de coeficientes de pressão exterior a considerar: os coeficientes locais, $c_{pe,l}$, e os coeficientes globais, $c_{pe,l0}$.

Para a determinação consideramos os coeficientes globais, uma vez que são aplicáveis ao cálculo da estrutura resistente global da cobertura. Para tal, recorreremos à secção 7.2.5. da Norma referida, que considera a cobertura, incluindo os beirados, dividida por zonas associadas a uma altura de referência, z_c , igual à altura do edifício $h=8,5$ m (fig. 5.4.). A direção considerada foi a mais significativa e corresponde à que atua na direção perpendicular ao comprimento do edifício, formando um ângulo $\theta = 0^\circ$.

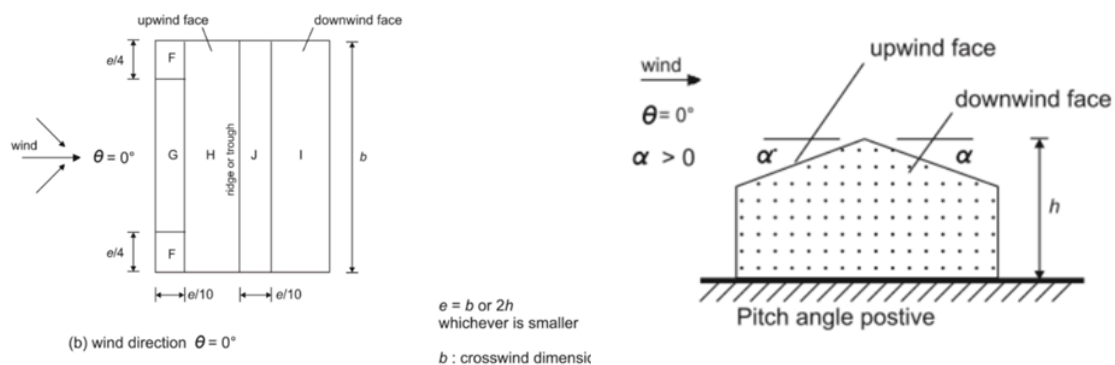


Figura 5.4. – Zonas de cobertura de duas vertentes, (adaptado de [17]).

O coeficiente de pressão obtido nas condições atrás representadas, e para um ângulo de pendente $\alpha = 30^\circ$ (muito próximo do que a asna da casa tem), temos os seguintes valores de $c_{pe,10}$, ver quadro 5.7.

Quadro 5.7. – Coeficientes de pressão exterior, $c_{pe,10}$, para cada zona da cobertura, (adaptado de [17]).

Ângulo de inclinação, α	Zona F	Zona G	Zona H	Zona I	Zona J
30°	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,5
$(\theta=0^\circ)$	+0,7	+0,7	+0,4	+0,0	+0,0

Para responder à existência de dois valores, um positivo e outro negativo, a Norma refere em nota que, para ângulos $\theta=0^\circ$ e para inclinações entre $\alpha=-5^\circ$ e $\alpha=+45^\circ$, a pressão varia rapidamente entre os valores positivos e negativos na vertente virada a barlavento. Nestes casos, devem ser considerados quatro casos, nos quais os valores maiores ou menores em todas as zonas F, G, H são combinados com os valores maiores ou menores das zonas I e J, não sendo permitida a mistura, numa mesma vertente, de valores positivos com negativos.

b) Coeficiente de pressão interior para a cobertura

O coeficiente de pressão interior, c_{pi} , está descrito na secção 7.2.9. da Norma já referida. Esta refere, em nota introdutória, que as pressões interiores e exteriores devem ser consideradas como atuando simultaneamente, devendo ser considerada, para o caso, a combinação de ações mais desfavorável das pressões interiores e exteriores para cada combinação possível de aberturas, assim como outras vias de passagem de ar.

O coeficiente em causa depende da dimensão e distribuição das aberturas na envolvente do edifício. Importa também perceber o que se considera uma face dominante. Esta é definida como

uma face onde “a área das aberturas nessa face é, pelo menos, o dobro da área das aberturas e de outras vias de passagem de ar nas faces restantes do edifício considerado”.

O edifício em causa não apresenta uma face predominante, tendo a sua distribuição de aberturas mais ou menos semelhante por todas as faces. Neste caso, o coeficiente c_{pi} é considerado o mais gravoso, estando associados os valores de +0,2 e -0,3.

c) Beirado

“Nos beirados das coberturas, a pressão na face inferior é igual à pressão aplicável à zona da parede vertical diretamente ligada ao beirado; a pressão na face superior é igual à pressão definida para a cobertura na zona em causa”, [17]. No entanto, este elemento não vai ser considerado no modelo estrutural da cobertura.

d) Pressão exercida pelo vento sobre a cobertura

Com os valores atrás mencionados, e mediante as situações expostas, podemos encontrar para a ação do vento na cobertura diferentes combinações de ações, entre os coeficientes de pressão interior e pressão exterior, e os valores dos coeficientes da resultante dos mesmos, c_p . Estas diferentes combinações estão expostas no quadro 5.8.

Quadro 5.8. – Valores dos coeficientes de pressão na cobertura.

Situação	Coeficientes	Zona F	Zona G	Zona H	Zona I	Zona J
1	c_{pe}	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,5
	c_{pi}	+0,2				
	c_p	-0,7	-0,7	-0,4	-0,6	-0,7
2	c_{pe}	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,5
	c_{pi}	-0,3				
	c_p	-0,2	-0,2	+0,1	-0,1	-0,2
3	c_{pe}	-0,5	-0,5	-0,2	+0,0	+0,0
	c_{pi}	+0,2				
	c_p	-0,7	-0,7	-0,4	-0,2	-0,2
4	c_{pe}	-0,5	-0,5	-0,2	+0,0	+0,0
	c_{pi}	-0,3				
	c_p	-0,2	-0,2	+0,1	+0,3	+0,3
5	c_{pe}	+0,7	+0,7	+0,4	-0,4	-0,5
	c_{pi}	+0,2				
	c_p	+0,5	+0,5	+0,2	-0,6	-0,7
6	c_{pe}	+0,7	+0,7	+0,4	-0,4	-0,5
	c_{pi}	-0,3				
	c_p	+1,0	+1,0	+0,7	-0,1	-0,2
7	c_{pe}	+0,7	+0,7	+0,4	+0,0	+0,0
	c_{pi}	+0,2				
	c_p	+0,5	+0,5	+0,2	-0,2	-0,2
8	c_{pe}	+0,7	+0,7	+0,4	+0,0	+0,0
	c_{pi}	-0,3				
	c_p	+1,0	+1,0	+0,7	+0,3	+0,3

Através da análise da tabela, podemos facilmente perceber que as combinações 2,4 e 7 não serão condicionantes perante as outras, que conduzirão a esforços mais elevados, pelo que vamos retirá-las.

Posteriormente, escolhe-se o maior valor absoluto das mesmas, sendo este o coeficiente das pressões resultantes para a cobertura, c_p . Assim sendo, a situação mais crítica será a situação 8.

A pressão resultante pode ser obtida através da seguinte expressão:

$$w = q_p(z) \times c_p \quad (5.5.)$$

Os valores dos coeficientes das pressões resultantes e os valores das cargas por ação do vento apresentam-se no quadro 5.9., para cada zona da cobertura e para a direção do vento considerada.

Quadro 5.9. – Valores de cargas, w , para a ação do vento

Parâmetro	Zona				
	F	G	H	I	J
c_p	+1,0	+1,0	+0,7	+0,3	+0,3
w (kN/m ²)	0,720	0,720	0,504	0,216	0,216

A situação de vento sucção mais crítica correspondia à situação 1, com valores máximos para $c_p = -0,7 \rightarrow w = -0,504$ kN/m². Esta situação não foi depois considerada, uma vez que, é de certa forma evidente, e tendo em conta a definição das cargas permanentes no subcapítulo anterior, que as permanentes não majoradas (1,0*G) são suficientes para estabilizar as cargas do vento por sucção majoradas (-1,5*W).

5.5. COMBINAÇÕES DE AÇÕES

Os critérios para as combinações de ações a utilizar para os estados limites últimos e de serviço estão definidos na NP EN 1990:2009, considerando as duas ações variáveis: ação do vento e sobrecarga.

5.5.1. ESTADO LIMITE ÚLTIMO

Na secção 6.4.3. da Norma referida está descrito o valor de cálculo, Ed , para a combinação de ações em ELU.

O valor de Ψ_0 para sobrecarga em coberturas de edifícios toma o valor 0. É considerado, também, segundo o ponto (1) da NP EN 1991-1-1:2009, que não é necessário combinar a ação de sobrecarga com a ação do vento em coberturas que se insiram na categoria H, como é o caso da

cobertura em questão. Deste modo, para efetuar a análise do ELU vamos ter duas combinações de ações:

- ELU₁: Sobrecarga como ação variável base;
- ELU₂: Vento como ação variável base.

O cálculo de E_d é determinado através da expressão simplificada descrita de seguida.

$$E_d = \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} \quad (5.6.)$$

Onde,

$G_{k,j}$ Fator de modificação da resistência, que tem em conta a duração da carga e o teor de água do material;

$Q_{k,1}$ Resistência característica da tração na direção do fio [MPa];

$\gamma_{G,j}$ e $\gamma_{Q,1}$ Coeficiente parcial relativo à ação permanente e à ação variável base respetivamente.

Quadro 5.10. – Coeficientes de segurança para combinações ELU, (adaptado de [18]).

Cobertura	γ_G	γ_Q
ELU ₁	1,35	1,5
ELU ₂	1,0	1,5

Na combinação ELU₁, as diferentes ações produzem um efeito desfavorável. Já na ELU₂, a carga permanente tem um efeito favorável, ao passo que a ação do vento se apresenta como desfavorável.

5.5.2. ESTADO LIMITE DE UTILIZAÇÃO

Na secção 6.5.3. da mesma Norma está descrito o valor de cálculo, E_d , para a combinação de ações em Estado Limite de Serviço, a qual considera as combinações de ações característica e permanente.

As expressões de cálculo definidas na secção da norma referida são as seguintes.

- Combinação de ações característica:

$$E_d = \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + Q_{k,1} \quad (5.7.)$$

- Combinação de ações quase permanente:

$$E_d = \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \quad (5.8.)$$

Onde:

$\Psi_2 = 0$, para sobrecargas em coberturas de edifícios.

5.6. MODELO DE CÁLCULO ESTRUTURAL

O modelo de cálculo estrutural utilizado foi um modelo com uma estrutura articulada com nós, colocada diretamente no programa de cálculo. Este tipo de modelo apresenta valores para tração e compressão, e os momentos podem ser considerados como boas aproximações, uma vez que, para além dos diferentes coeficientes de segurança, a madeira importada de muito boa qualidade assume-se de melhor qualidade que a madeira C18, que foi considerada no cálculo e que, por conseguinte, se revela ser mais segura. Relativamente aos apoios, assumiram-se duplos para as asnas que se apoiam nas paredes de alvenaria de granito, e as madres que se apoiam nas asnas consideraram-se simplesmente apoiadas.

A modelação da estrutura foi executada, tendo-se recorrido ao software de análises de estruturas, ROBOT, com o objetivo de avaliar os esforços atuantes nas madres da cobertura, e de forma a realizar a sua verificação de segurança. Para tal, e tendo em conta a geometria do edifício, considerou-se uma das asnas com vão de 8 m, e uma área de influência de 3,50 x 8 m², que são à partida as mais carregadas.

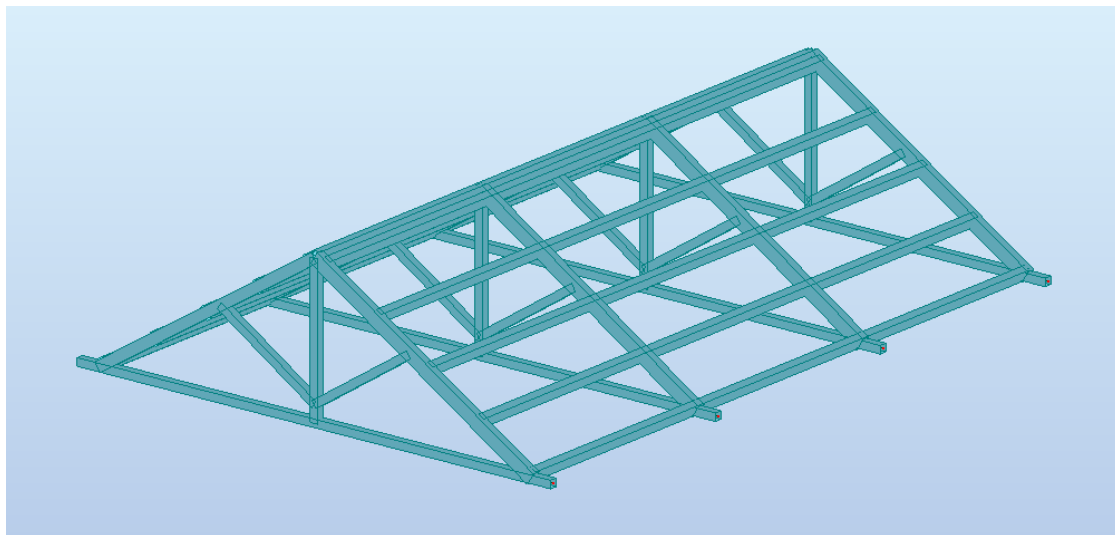


Figura 5.5. – Modelo global da estrutura da cobertura.

- ELU₁: Sobrecarga como ação variável base;
- ELU₂: Vento como ação variável base;
- Quase permanente: Consideração do peso próprio e das restantes cargas permanentes e da ação de sobrecarga na estrutura;
- Característica: Consideração apenas do peso próprio e das restantes cargas permanentes na estrutura.

[illegible]

72

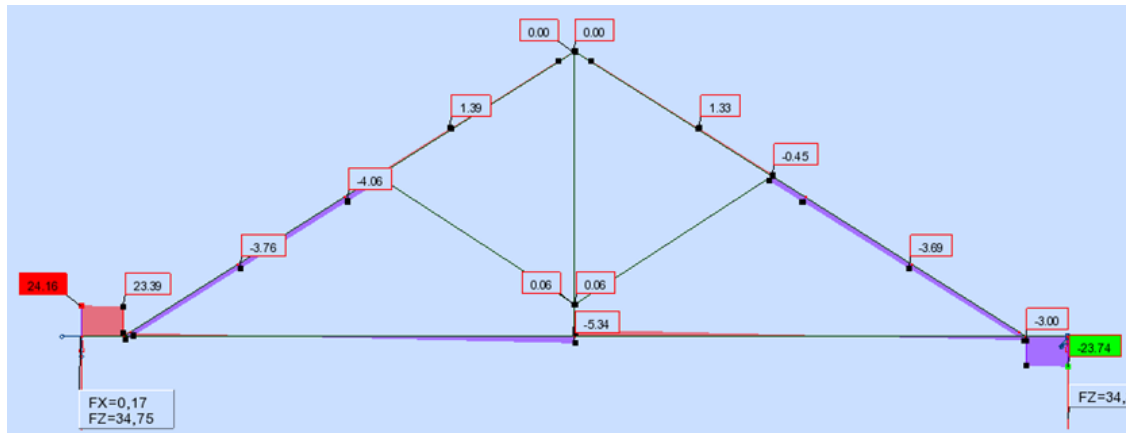


Figura 5.8. – Envelope de diagrama de esforço transverso para a combinação do ELU₁ (valores em kN).

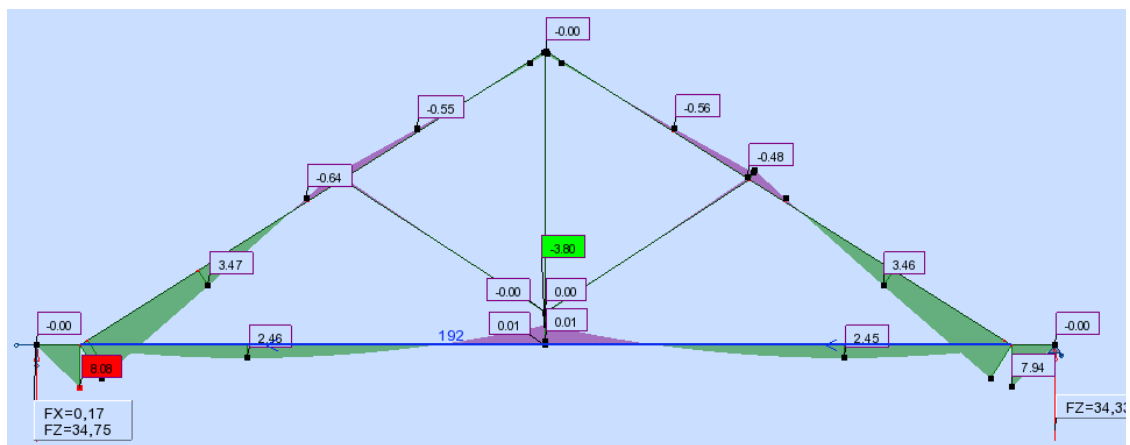


Figura 5.9. – Envelope de diagrama de momentos para a combinação do ELU₁ (valores em kN).

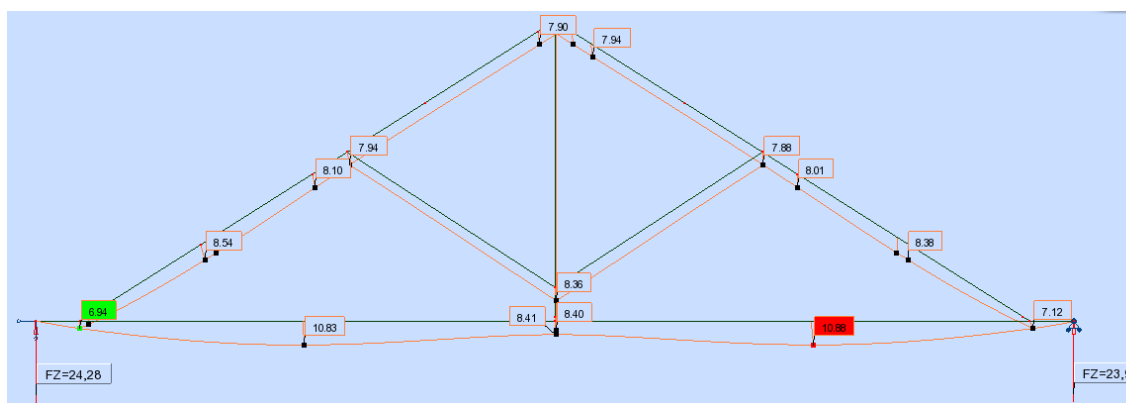


Figura 5.10. – Deformada da asna para a combinação característica de ações (valores em mm).

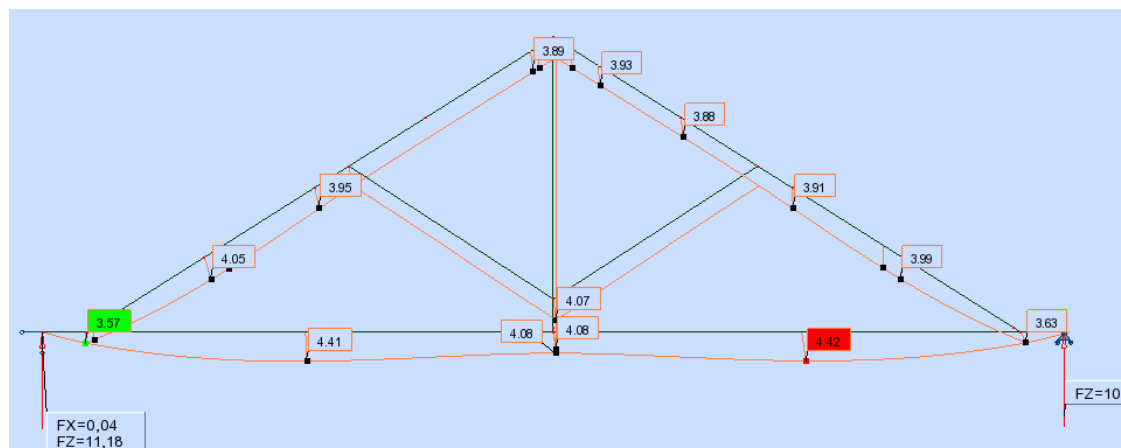


Figura 5.11. – Deformada da asna para a combinação quase permanente de ações (valores em mm).

5.8. VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA EM ESTADO LIMITE ÚLTIMO (ELU)

A madeira em condições naturais está, predominantemente, sujeita a tensões de compressão na direção do fio, resultantes do peso próprio da árvore. Adicionalmente, poderão existir tensões de flexão, as quais podem ser permanentes, quando resultam de desvios da verticalidade do tronco, ou ocasionais, quando o tronco está sujeito à ação do vento.

Em termos de resistência, a madeira assume melhor comportamento estrutural quando está sujeita aos esforços axiais e de flexão da direção do fio.

Os critérios definidos para a verificação de segurança em estados limites últimos estão enunciados nas secções 6.1. a 6.3. da EN 1995-1-1:2004.

5.8.1. VERIFICAÇÃO DE SEGURANÇA A ESFORÇOS AXIAIS

5.8.1.1. ESFORÇOS AXIAIS DE TRAÇÃO

Como já foi referido, a madeira apresenta bom comportamento quando sujeita a esforços na direção do fio.

A tensão que atua num determinado elemento de madeira com área de secção transversal, A (m²), sujeita a esforço axial de tração, N_{sd} (kN), pode ser calculada da seguinte forma:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{sd}}{A} \quad (5.9.)$$

O valor da tensão resistente para um elemento estrutural de madeira, sujeita a um esforço de tração, é calculado então da seguinte maneira:

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \times \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_m} \quad (5.10.)$$

Onde:

k_{mod} Fator de modificação da resistência, que tem em conta a duração da carga e o teor de água do material;

$f_{t,0,k}$ Resistência característica da tração na direção do fio [MPa];

γ_m Coeficiente parcial de segurança.

O elemento em estudo verificará a segurança em relação à tração, se se respeitar a seguinte condição:

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d} \quad (5.11.)$$

No entanto, a peça poderá estar sujeita a esforços de tração perpendicular ao fio, mas mesmo assim a Norma não estabelece nenhuma condição. Apenas sugere que se deverá ter em conta o efeito do tamanho da secção dos elementos.

5.8.1.2. ESFORÇOS AXIAIS DE COMPRESSÃO

A tensão que atua num determinado elemento de madeira com área de secção transversal, A (m²), sujeita a esforço axial de compressão, N_{sd} (kN), pode ser calculada da seguinte forma:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{sd}}{A} \quad (5.12.)$$

O valor da tensão resistente para um elemento estrutural de madeira, sujeita a um esforço de compressão, é calculado então da seguinte forma:

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \times \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_m} \quad (5.13.)$$

Onde:

k_{mod}	Fator de modificação da resistência, que tem em conta a duração da carga e o teor de água do material;
$f_{t,0,k}$	Resistência característica da compressão na direção do fio [MPa];
γ_m	Coefficiente parcial de segurança.

O elemento em estudo verificará a segurança em relação à compressão, se respeitar a seguinte condição:

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d} \quad (5.13.)$$

5.8.2. VERIFICAÇÃO DE SEGURANÇA À FLEXÃO

Como material estrutural, a madeira apresenta um bom comportamento à flexão. A verificação de segurança à flexão deve ser feita por diferentes processos, consoante se trate de flexão simples ou desviada.

5.8.2.1. VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA À FLEXÃO SIMPLES

Para se efetuar o cálculo da tensão atuante num elemento estrutural em madeira, sujeita a um momento fletor, recorre-se à seguinte expressão:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{sd}}{I_y} \times z \quad (5.14.)$$

Onde:

M_{sd}	Momento fletor atuante [kN.m];
I_y	Distância ao eixo neutro [m];
z	Momento de inércia [m ⁴].

O valor da tensão resistente para um elemento estrutural de madeira, sujeita a um esforço de flexão simples, é calculado então da seguinte forma:

$$f_{m,d} = k_{mod} \times \frac{f_{m,k}}{\gamma_m} \quad (5.15.)$$

Onde:

k_{mod}	Fator de modificação da resistência, que tem em conta a duração da carga e o teor de água do material;
$f_{m,k}$	Resistência característica à flexão na direção do fio [MPa];
γ_m	Coefficiente parcial de segurança.

O elemento em estudo verificará a segurança em relação à compressão, caso respeite a seguinte condição:

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d} \quad (5.16.)$$

5.8.2.2. VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA À FLEXÃO DESVIADA

Para a verificação de segurança à flexão desviada, procede-se da mesma maneira que à flexão simples, no entanto, nesta situação são consideradas as diversas direções. Assim sendo, a verificação terá de cumprir as seguintes condições:

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (5.17.)$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

Onde:

k_m	Coefficiente que pondera uma redistribuição de esforços e o efeito da heterogeneidade do material ao longo da secção do elemento; para madeira maciça, o valor de k_m deve ser considerado igual a 0,7 para secções retangulares;
$\sigma_{m,y,d}$	Valor de cálculo da tensão máxima de flexão, devido ao momento fletor de cálculo, M_y ;
$\sigma_{m,z,d}$	Valor de cálculo da tensão máxima de flexão, devido ao momento fletor de cálculo, M_z ;
$f_{m,y,d}$	Valor de cálculo da resistência à flexão em relação ao eixo \overline{yy} ;
$f_{m,z,d}$	Valor de cálculo da resistência à flexão em relação ao eixo \overline{zz} .

5.8.2.3. VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA À FLEXÃO COMPOSTA COM TRAÇÃO

Nas situações em que o elemento esteja submetido à flexão e ao esforço axial de tração, deverão ser cumpridas as seguintes condições:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (5.18.)$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

Onde:

k_m	Coeficiente que pondera uma redistribuição de esforços e o efeito da heterogeneidade do material ao longo da secção do elemento; para madeira maciça, o valor de k_m deve ser considerado igual a 0,7 para secções retangulares;
$\sigma_{t,0,d}$	Valor de cálculo da tensão de tração atuante paralela ao fio;
$\sigma_{m,y,d}$	Valor de cálculo da tensão máxima de flexão, devido ao momento fletor de cálculo, M_y ;
$\sigma_{m,z,d}$	Valor de cálculo da tensão máxima de flexão, devido ao momento fletor de cálculo, M_z ;
$f_{t,0,d}$	Valor de cálculo da resistência à tração paralela ao fio;
$f_{m,y,d}$	Valor de cálculo da resistência à flexão em relação ao eixo \overline{yy} ;
$f_{m,z,d}$	Valor de cálculo da resistência à flexão em relação ao eixo \overline{zz} .

5.8.2.4. VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA À FLEXÃO COMPOSTA COM COMPRESSÃO

Nas situações em que o elemento esteja submetido à flexão e ao esforço axial de compressão, deverão ser cumpridas as seguintes condições:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (5.19.)$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

Onde:

k_m	Coeficiente que pondera uma redistribuição de esforços e o efeito da heterogeneidade do material ao longo da secção do elemento; para madeira maciça, o valor de k_m deve ser considerado igual a 0,7 para secções retangulares;
$\sigma_{c,0,d}$	Valor de cálculo da tensão de compressão atuante paralela ao fio;
$\sigma_{m,y,d}$	Valor de cálculo da tensão máxima de flexão, devido ao momento fletor de cálculo, M_y ;
$\sigma_{m,z,d}$	Valor de cálculo da tensão máxima de flexão devido, ao momento fletor de cálculo, M_z ;
$f_{c,0,d}$	Valor de cálculo da resistência à compressão paralela ao fio;
$f_{m,y,d}$	Valor de cálculo da resistência à flexão em relação ao eixo \overline{yy} ;
$f_{m,z,d}$	Valor de cálculo da resistência à flexão em relação ao eixo \overline{zz} .

5.8.3. VERIFICAÇÃO DE SEGURANÇA AO CORTE

A resistência ao corte varia consoante o plano solicitado, longitudinal ou transversal, dos elementos construtivos em madeira, devido à acentuada anisotropia do material. Verifica-se, então, que o valor mínimo de resistência ao corte ocorre no plano longitudinal, em função do escorregamento das fibras, enquanto que no plano transversal a resistência é muito superior, uma vez que a rotura implica o corte das fibras.

Assim, a tensão atuante num determinado elemento estrutural em madeira, sujeita a um esforço transversal, pode ser calculada da seguinte forma:

$$\sigma_{v,d} = \frac{V_{sd} \times S_y}{l_y \times B} \quad (5.20.)$$

Onde:

V_{sd}	Esforço transversal atuante [kN];
S_y	Momento estático [m ³];
l_y	Momento de inércia [m ⁴];
B	Base [m].

O valor da tensão resistente para um elemento estrutural de madeira, sujeita a um esforço transversal, é calculado da seguinte maneira:

$$f_{v,d} = k_{mod} \times \frac{f_{v,k}}{\gamma_m} \quad (5.21.)$$

Onde:

k_{mod}	Fator de modificação da resistência, que tem em conta a duração da carga e o teor de água do material;
$f_{v,k}$	Resistência característica ao corte [MPa];
γ_m	Coefficiente parcial de segurança.

O elemento em estudo verificará a segurança em relação ao corte, se respeitar a seguinte condição:

$$\sigma_{v,d} \leq f_{v,d} \quad (5.22.)$$

5.8.4. VERIFICAÇÃO DE SEGURANÇA: ENCURVADURA E BAMBEAMENTO

A encurvadura e o bambeamento são dois fenómenos que promovem a instabilização de peças estruturais de madeira, podendo levar à rotura. É, por isso, importante proceder à verificação da sua segurança.

5.8.4.1. ENCURVADURA

Nas situações em que o elemento de madeira esteja sujeito a esforços de compressão, ou à ação simultânea de compressão e flexão, para além da verificação da capacidade resistente, é necessário também verificar a resistência à encurvadura.

As equações que permitem fazer a verificação de segurança em relação ao fenómeno de encurvadura são as seguintes:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \times f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (5.23.)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \times f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

Nas quais:

k_m	Coefficiente que pondera uma redistribuição de esforços e o efeito da heterogeneidade do material ao longo da secção do elemento; para madeira maciça, o valor de k_m deve ser considerado igual a 0,7 para secções retangulares;
-------	---

$\sigma_{c,0,d}$	Valor de cálculo da tensão de compressão atuante paralela ao fio;
$\sigma_{m,y,d}$	Valor de cálculo da tensão máxima de flexão, devido ao momento fletor de cálculo, M_y ;
$\sigma_{m,z,d}$	Valor de cálculo da tensão máxima de flexão, devido ao momento fletor de cálculo, M_z ;
$f_{c,0,d}$	Valor de cálculo da resistência à compressão paralela ao fio;
$f_{m,y,d}$	Valor de cálculo da resistência à flexão em relação ao eixo \overline{yy} ;
$f_{m,z,d}$	Valor de cálculo da resistência à flexão em relação ao eixo \overline{zz} .

Onde:

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 + \lambda_{rel,y}^2}} \quad (5.24.)$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 + \lambda_{rel,z}^2}}$$

E, ainda:

$$k_y = 0,5 \times (1 + \beta_c \times (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) \quad (5.25.)$$

$$k_z = 0,5 \times (1 + \beta_c \times (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2)$$

Nas expressões acima referidas, β_c é um coeficiente que assume o valor de 0,2 no caso de madeiras maciças.

Os coeficientes de esbelteza relativos, $\lambda_{rel,y}$ e $\lambda_{rel,z}$, são determinados de acordo com as seguintes expressões:

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \times \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}, \text{ onde } \lambda_y = \frac{L}{i} \quad (5.26.)$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \times \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}, \text{ onde } \lambda_z = \frac{L}{i}$$

Onde:

$\lambda_{rel,y}$ e λ_y	Coefficientes de esbelteza correspondentes à flexão em relação ao eixo \overline{yy} (deformada ao longo da direção z);
$\lambda_{rel,z}$ e λ_z	Coefficientes de esbelteza correspondentes à flexão em relação ao eixo \overline{zz} (deformada ao longo da direção y);
$E_{0,05}$	Valor característico inferior do módulo de elasticidade, correspondente ao quantil 5%;
L	Comprimento do elemento estrutural [m];
i	Raio de giração [m].

Em conformidade com os pontos (2) e (3) da secção 6.3.2. da EN 1995-1-1:2004, só se deverá analisar o risco de encurvadura através das expressões (5.23), nos casos em que, pelo menos, um dos coeficientes de esbelteza, $\lambda_{rel,y}$ ou $\lambda_{rel,z}$, seja superior a 0,3. Se se verificar, em simultaneidade, que $\lambda_{rel,y} \leq 0,3$ e $\lambda_{rel,z} \leq 0,3$, deverão ser garantidas as condições enunciadas nas expressões (5.19).

5.8.4.2. BAMBEAMENTO

Por outro lado, nas situações em que o elemento de madeira esteja sujeito à flexão ou à ação simultânea de compressão e flexão, poderá ocorrer o fenómeno de bambeamento.

Se a peça de madeira está apenas sujeita a um momento fletor, M_y , a verificação de segurança em relação ao bambeamento é realizada através da seguinte expressão:

$$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} \times f_{m,d} \quad (5.27.)$$

Onde:

$\sigma_{m,d}$	Valor de cálculo da tensão de flexão;
k_{crit}	Valor de cálculo da resistência à flexão;
$f_{m,d}$	Coefficiente que tem em conta a redução da resistência à flexão, devido ao bambeamento.

O valor de k_{crit} é determinado de acordo com os seguintes intervalos:

$$k_{crit} = \begin{cases} 1, & \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75 \times \lambda_{rel,m}, & 0,75 \leq \lambda_{rel,m} \leq 1,75 \\ 1/(\lambda_{rel,m})^2, & \lambda_{rel,m} \geq 1,40 \end{cases} \quad (5.28.)$$

De acordo com o ponto (5) da secção 6.3.3. do Eurocódigo 5, o coeficiente k_{crit} pode ser considerado 1,0 caso se esteja perante uma viga na qual o deslocamento lateral da extremidade comprimida é evitado ao longo do vão, e a rotação por torção é evitada nos apoios.

O valor do coeficiente de esbelteza relativo é feito através da seguinte fórmula:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} \quad (5.29.)$$

Para peças de madeira com secções transversais retangulares, a tensão crítica, $\sigma_{m,crit}$, pode ser determinada de acordo com a seguinte expressão:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \times b^2}{h \times l_{ef}} \times E_{0,05} \quad (5.30.)$$

Onde:

h Altura da secção do elemento;

b Largura da secção do elemento;

l_{ef} Comprimento efetivo de bambeamento, que depende das condições de apoio e do tipo de carregamento, de acordo com o quadro;

$E_{0,05}$ Valor característico inferior do módulo de elasticidade correspondente ao quantil 5%.

A relação entre o comprimento efetivo de bambeamento, l_{ef} , e o vão do elemento, l , de acordo com a Norma, é tido em conta no cálculo do comprimento efetivo de bambeamento, expresso no quadro seguinte.

$$l_{ef} = l \times r_b \quad (5.30.)$$

Quadro 5.11. – Rácio entre o comprimento efetivo de bambeamento e o comprimento do vão.

Condições de apoio na viga	Tipo de carregamento	$r_b = l_{ef}/l$
Simplesmente apoiada	Momento constante	1,0
	Carga uniformemente distribuída	0,9
	Força concentrada a meio vão	0,8
Consola	Carga uniformemente distribuída	0,5
	Força concentrada na extremidade	0,8

Nota: O rácio entre l_{ef} e l é válido para uma viga com movimentos de torção restringidos nos apoios e com a carga aplicada no centro de gravidade da mesma. O valor de l_{ef} deve ser aumentado de $2h$ nos casos em que a carga for aplicada na face superior da viga, e reduzido de $0,5h$ nos casos em que a carga está na extremidade.

No caso de o elemento estar sujeito à ação conjunta de um momento fletor e de um esforço de compressão, deverá ser garantida a seguinte equação:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \times f_{c,0,d}} + \left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \times f_{m,d}} \right)^2 \leq 1 \quad (5.31.)$$

5.9. VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA EM ESTADO LIMITE SERVIÇO (SLS)

No capítulo 7 do Eurocódigo 5 é apresentado um conjunto de regras a considerar na verificação de segurança em estado limite de serviço (SLS), nomeadamente no que diz respeito ao escorregamento de ligações, às deformações e às vibrações.

Contudo, na elaboração do projeto da estrutura da cobertura, não foi tido em conta o deslizamento das ligações e das vibrações (efeitos dinâmicos), pelo que, posteriormente, apenas se apresentará a explicação da verificação de segurança em relação às deformações.

5.9.1. VERIFICAÇÃO DE SEGURANÇA À DEFORMAÇÃO

A verificação de segurança à deformação deve ser feita a longo e a curto prazo e, em ambas as situações, os valores máximos admissíveis deverão ser cumpridos.

Em relação à deformação instantânea, o cálculo deverá utilizar os esforços provenientes da combinação característica de ações. Já para o cálculo da deformação a longo prazo, a combinação de ações a utilizar é a quase permanente.

A figura seguinte ilustra os diversos componentes da deformação.

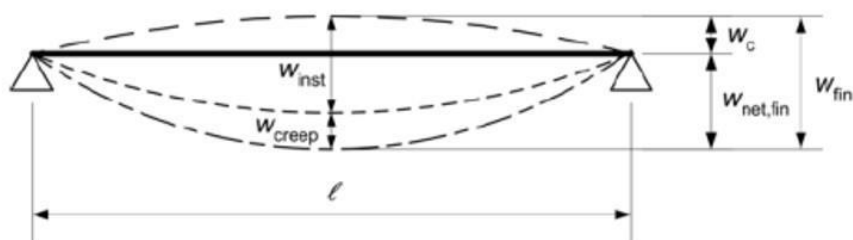


Figura 5.12. – Componentes da deformação, (adaptado de [19]).

Onde:

- w_c Contra flecha (caso seja aplicada);
- w_{inst} Deformação instantânea;
- w_{creep} Deformação por fluência;

w_{fin} Deformação final;

$w_{net,fin}$ Deformação final, depois de deduzida a eventual contra flecha aplicada.

Como se pode ver na figura 5.12., o valor de $w_{net,fin}$ é obtido com base na seguinte equação:

$$w_{net,fin} = w_{inst} + w_{creep} - w_c = w_{fin} - w_c \quad (5.32.)$$

Os limites, definidos na Norma em uso, para a deformação das vigas com um determinado vão, l , são apresentados no quadro seguinte.

Quadro 5.12. – Limites para a deformação das vigas, (adaptado de [19]).

Condições de apoio na viga	w_{inst}	$w_{net,fin}$	w_{fin}
Simplemente apoiada	$l/300$ a $l/500$	$l/250$ a $l/350$	$l/150$ a $l/300$
Consola	$l/150$ a $l/250$	$l/125$ a $l/175$	$l/75$ a $l/150$

5.10. APLICAÇÃO AO CASO DE ESTUDO

Neste subcapítulo são apresentados quadros que pretendem facilitar a perceção das conclusões obtidas, através dos cálculos efetuados para a verificação de segurança dos elementos que compõem a cobertura.

5.10.1. VALORES DE CÁLCULO DA MADEIRA

Como anteriormente referido, a madeira maciça ($\gamma = 1,3$) é da classe C18 e a classe de serviço a ter em conta é a 1, uma vez que se trata de um local fechado, que será provido de aquecimento e que se caracteriza por ter um *“teor de água dos materiais correspondente ao teor de água de equilíbrio para um ambiente caracterizado por um temperatura de 20°C e uma humidade relativa do ar ambiente, excedendo 65% somente durante algumas semanas. Neste tipo de ambiente, o valor médio do teor de água de equilíbrio das resinosas não excederá 12%”*.

Os valores de cálculo das propriedades da madeira, previstos de acordo com o quadro 5.2. e utilizados para comparação de tensões, estão reunidos no quadro 5.13.

Foi considerado um valor de $k_{mod} = 0,9$, sendo que o mesmo foi adotado de forma conservativa para as ações permanentes, sobrecarga e ação do vento, e que corresponde a uma ação de curta duração para a classe de serviço 1.

Quadro 5.13. – Propriedades mecânicas da madeira maciça.

Classe da madeira	Flexão $f_{m,d}$ [MPa]	Tração $f_{t,0,d}$ [MPa]	Compressão paralela $f_{c,0,d}$ [MPa]	Compressão perpendicular $f_{c,90,d}$ [MPa]	Corte $f_{v,d}$ [MPa]
C18	12,46	7,62	9,69	1,52	1,39

Os restantes coeficientes, k_h , k_{def} e k_m , tomam os seguintes valores:

- $k_h = 1$, para as peças com altura superior a 150 mm e $k_h = 1,05$ para as peças com altura inferior a 150 mm;
- $k_{def} = 0,6$, correspondente ao valor atribuído à madeira maciça, de acordo com a classe de serviço 1;
- $k_m = 0,7$, uma vez que todas as secções consideradas são retangulares.

5.10.2. VERIFICAÇÃO DE SEGURANÇA DAS MADRES

As madres têm uma secção de 200 x 100 mm e funcionam como vigas simplesmente apoiadas a trabalhar entre asnas com vãos, $l = 3,5$ m. Os eixos das madres têm uma inclinação com a vertical de $\alpha = 30^\circ$. As cargas verticais tiveram, assim, que ser decompostas segundo o eixo yy e zz, tal como representado na figura 5.13. A ação do vento atua na direção perpendicular ao eixo yy. Na estrutura considerada, têm todas as mesmas características geométricas e espaçamento entre si que, no caso referido, é de 1,0 m.

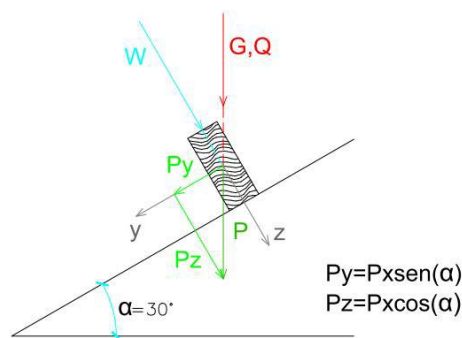


Figura 5.13. – Eixos das madres para decomposição de forças, [20].

No quadro seguinte apresentam-se as características geométricas das madres utilizadas:

Quadro 5.14. – Características geométricas das madres.

Elemento	b [m]	h [m]	A [m ²]	I_y [m ⁴]	I_z [m ⁴]	l [m]	Peso Próprio [kN/m]
Madre	0,1	0,2	0,02	6,667E ⁻⁴	1,667E ⁻⁴	3,5	0,076

Os eixos das madres têm uma inclinação de $\alpha = 30^\circ$ em relação à vertical. As cargas verticais, referentes ao peso próprio e sobrecarga, formam decompostas nas direções yy e zz, já o vento atua na direção perpendicular às madres.

Para os cálculos foram consideradas duas combinações de ações:

- ELU₁: $1,35 \times G + 1,5 \times Q$
- ELU₂: $1,00 \times G + 1,5 \times W$

Onde:

G Peso próprio;

Q Sobrecarga;

W Ação do vento.

Os quadros seguintes representam a verificação destes elementos aos fenómenos de flexão desviada e corte, fenómenos que se percebem ser os relevantes, tendo em conta os valores das cargas a atuar nas madres e consequentemente as suas direções.

A verificação das madres ao bambeamento foi desprezada, uma vez que foi considerado que estas estão impedidas de se instabilizarem, pelo revestimento existente acima destas, na cobertura.

Relativamente às restantes verificações, estas tiveram em conta as equações enunciadas nos subcapítulos anteriores. Para o caso da flexão desviada teve-se em conta a equação (5.17.), já para o fenómeno do corte, a verificação foi feita através das expressões (5.20.), (5.21.) e (5.22.).

- Flexão desviada

As tensões atuantes nas madres para as combinações em estado limites últimos em relação à flexão desviada e a sua verificação de segurança, estão expostas no quadro 5.15.

Quadro 5.15. – Verificação da segurança à flexão desviada das madres.

Combinação P _{Ed} [kN/m]	M _{sd} [kN.m]	$\sigma_{m,d}$ [MPa]	Condições	Verificação	
					Segurança
ELU ₁	M _z = 0,79	$\sigma_{m,z,d} = 2,36$	0,47	<1	Ok!
	M _y = 1,82	$\sigma_{m,y,d} = 2,74$	0,51		Ok!
ELU ₂	M _z = 0,58	$\sigma_{m,z,d} = 1,75$	0,37		Ok!
	M _y = 1,35	$\sigma_{m,y,d} = 2,03$	0,38		Ok!

- Corte

Segue-se a verificação de segurança em relação ao corte, que está exposta no quadro 5.16.

Quadro 5.16. – Verificação de segurança ao corte nas madres.

Combinação P_{Ed} [kN/m]	V_{sd} [kN]	$\sigma_{v,d}$ [MPa]	$f_{v,d}$	Verificação	
				$\sigma_{v,d} < f_{v,d}$	Segurança
ELU ₁	0,56	0,04	1,39		Ok!
ELU ₂	0,42	0,03	1,39		Ok!

5.10.3. VERIFICAÇÃO DE SEGURANÇA DAS ASNAS

Neste subcapítulo vai fazer-se uma análise estrutural da asna central representada, uma vez que, através dos diagramas de esforços, foi possível perceber que esta é a mais solicitada e, como tal, possui os esforços mais condicionantes.

Apresenta-se, logo de seguida, uma análise de cada elemento individualmente.

5.10.3.1. PERNAS

As pernas da asna acima considerada estão sujeitas aos seguintes esforços:

Quadro 5.17. – Esforços atuantes nas pernas.

Elemento	ELU ₁			ELU ₂		
	N_{sd} [kN]	V_{sd} [kN]	$M_{sd,y}$ [kN.m]	N_{sd} [kN]	V_{sd} [kN]	$M_{sd,y}$ [kN.m]
Perna	43,53	3,35	7,59	27,60	2,58	3,95

Seguem-se as características geométricas das pernas no quadro 5.18.

Quadro 5.18. – Características geométricas das pernas.

Elemento	b [m]	h [m]	A [m ²]	I_y [m ⁴]	I_z [m ⁴]
Perna	0,12	0,20	0,024	8,00E ⁻⁴	2,88E ⁻⁴

- Corte

A verificação de segurança ao corte das pernas, quadro 5.19, para ELU₁ e ELU₂, assenta nas expressões (5.20.), (5.21.) e (5.22.).

Quadro 5.19. – Verificação ao corte nas pernas.

Combinação	k_{cr}	b_{ef} [m]	V_{ed} [kN]	τ_d [MPa]	$f_{v,d}$ [MPa]	Verificação
ELU ₁	0,67	0,08	3,35	0,21	1,39	Ok!
ELU ₂			2,58	0,10		Ok!

- Flexão composta com compressão

Seguidamente, procede-se à verificação de segurança à flexão composta com compressão, quadro 5.20. Para tal, deve ser cumprida a equação (5.19.).

Quadro 5.20. – Verificação de segurança à flexão composta com compressão nas pernas.

Combinação	$\sigma_{c,0,d}$ [MPa]	$\sigma_{m,y,d}$ [MPa]	k_m	Verificação		Verificação	
ELU ₁	1,81	9,49	0,7	0,80	Ok!	0,57	Ok!
ELU ₂	1,15	4,94		0,41	Ok!	0,29	Ok!

- Encurvadura

Na verificação da segurança em relação à encurvadura é necessário verificar o plano paralelo e o plano perpendicular à asna (ver equações (5.23.), (5.24.), (5.25.) e (5.26.) e quadro 5.23.). Relativamente ao plano paralelo, quadro 5.21., adotou-se o comprimento de encurvadura igual ao comprimento entre pontos de travação das pernas da asna considerada, sendo este comprimento efetivo igual a 2,56 m. Já no plano perpendicular, quadro 5.22., as pernas encontram-se travadas nas madres, pelo que a distância considerada corresponde ao espaçamento entre madres, tendo, portanto, um comprimento efetivo de 1,00 m.

Na verificação de segurança, quadro 5.22., a verificação 1 corresponde à verificação no plano paralelo ao plano da asna e a verificação 2 à verificação no plano perpendicular ao plano da asna.

Quadro 5.21. – Característica da encurvadura nas pernas: plano paralelo ao plano da asna.

Elemento	l_e^z [m]	I_y [m ⁴]	i_y [m]	λ_y	$\lambda_{rel,y}$	β_c	k_y	$k_{c,y}$	k_m
Perna	2,56	8,00E ⁻⁴	0,058	44,14	0,770	0,2	0,843	0,842	0,7

Quadro 5.22. – Característica da encurvadura nas pernas: plano perpendicular ao plano da asna.

Elemento	l_e^y [m]	I_z [m ⁴]	i_z [m]	λ_z	$\lambda_{rel,z}$	β_c	k_z	$k_{c,z}$	k_m
Perna	1,00	2,88E ⁻⁴	0,035	28,57	0,498	0,2	0,644	0,950	0,7

Quadro 5.23. – Verificação de segurança à encurvadura nas pernas.

Elemento	ELU ₁				ELU ₂			
	Verificação 1		Verificação 2		Verificação 1		Verificação 2	
Perna	0,98	OK!	0,96	OK!	0,54	OK!	0,40	OK!

- Bambeamento

Relativamente às pernas, falta apenas avaliar o risco ao bambeamento. A verificação de segurança em relação a este fenómeno rege-se pela expressão (5.31.), uma vez que o elemento em análise está sujeito à ação conjunta de um momento fletor e a um esforço de compressão. No cálculo foi considerado, de acordo com o quadro 5.11., um valor de $r_b = 1$, estando desta forma a favor da segurança.

Quadro 5.24. – Verificação de segurança ao bambeamento nas pernas.

Elemento	$L[m]$	r_p	$l_{ef} [m]$	$\sigma_{m,crit}[MPa]$	$\lambda_{rel,m}$	k_{crit}	Verificação ELU ₁		Verificação ELU ₂	
Perna	2,56	1	2,56	131,63	0,37	1	0,78	Ok!	0,28	Ok!

5.10.3.2. LINHA

A linha da asna considerada está sujeita aos seguintes esforços.

Quadro 5.25. – Esforços atuantes na linha.

Elemento	ELU ₁			ELU ₂		
	$N_{sd} [kN]$	$V_{sd} [kN]$	$M_{sd,y} [kN.m]$	$N_{sd} [kN]$	$V_{sd} [kN]$	$M_{sd,y} [kN.m]$
Linha	38,31 (T)	5,41	3,86	23,45 (T)	1,24	1,40

Seguem-se as características geométricas da linha expostas no quadro 5.26.

Quadro 5.26. – Características geométricas na linha.

Elemento	$b [m]$	$h [m]$	$A [m^2]$	$I_y [m^4]$	$I_z [m^4]$
Linha	0,12	0,16	0,0192	4,096E ⁻⁴	2,304E ⁻⁴

- Corte

Segue-se a respetiva verificação de segurança ao corte da linha para ELU₁ e ELU₂, representada no quadro 5.27. Para se proceder a esta verificação foram utilizadas as equações (5.20.), (5.21.) e (5.22.).

Quadro 5.27. – Verificação ao corte nas linhas.

Combinação	k_{cr}	b_{ef} [m]	V_{ed} [kN]	τ_d [MPa]	$f_{v,d}$ [MPa]	Verificação
ELU ₁	0,67	0,08	5,41	0,42	1,39	Ok!
ELU ₂			1,24	0,10		Ok!

- Flexão composta com tração

Seguidamente, procede-se à verificação de segurança à flexão composta com tração, quadro 5.28. Para tal, deve ser cumprida a equação (5.18.).

Quadro 5.28. – Verificação de segurança à flexão composta com tração nas linhas.

Combinação	$\sigma_{t,0,d}$ [MPa]	$\sigma_{m,y,d}$ [MPa]	k_m	Verificação		Verificação	
ELU ₁	2,00	7,54	0,7	0,87	Ok!	0,69	Ok!

5.10.3.3. ESCORAS

As escoras da asna considerada, estão sujeitas aos esforços expressos no quadro 5.29.

Quadro 5.29. – Esforços atuantes nas escoras.

Elemento	ELU ₁			ELU ₂		
	N_{sd} [kN]	V_{sd} [kN]	$M_{sd,y}$ [kN.m]	N_{sd} [kN]	V_{sd} [kN]	$M_{sd,y}$ [kN.m]
Escora	6,41 (C)	0,44	0,47	4,21 (C)	0,35	0,35

De seguida, são apresentadas as características geométricas das escoras.

Quadro 5.30. – Características geométricas das escoras.

Elemento	b [m]	h [m]	A [m ²]	I_y [m ⁴]	I_z [m ⁴]
Escora	0,12	0,12	0,0144	1,728E ⁻⁴	1,728E ⁻⁴

- Corte

A verificação de segurança ao corte das escoras para ELU₁ e ELU₂ está representada no quadro 5.31. Esta verificação inclui o cumprimento das expressões (5.20.), (5.21.) e (5.22.).

Quadro 5.31. – Verificação ao corte nas escoras.

Combinação	k_{cr}	b_{ef} [m]	V_{ed} [kN]	τ_d [MPa]	$f_{v,d}$ [MPa]	Verificação
ELU ₁	0,67	0,08	0,44	0,05	1,39	Ok!
ELU ₂			0,35	0,04		Ok!

- Flexão composta com compressão

Seguidamente, procede-se à verificação de segurança à flexão composta com compressão, quadro 5.32. Para tal, deve ser cumprida a equação (5.19.).

Quadro 5.32. – Verificação de segurança à flexão composta com compressão nas escoras.

Combinação	$\sigma_{c,0,d}$ [MPa]	$\sigma_{m,y,d}$ [MPa]	k_m	Verificação		Verificação	
ELU ₁	0,45	1,64	0,7	0,13	Ok!	0,09	Ok!
ELU ₂	0,29	1,21		0,10	Ok!	0,07	Ok!

- Encurvadura

Na verificação da segurança em relação à encurvadura (ver expressões (5.23.), (5.24.), (5.25.) e (5.26.) e quadro 5.35), considerou-se o comprimento efetivo de encurvadura igual ao comprimento entre pontos de travação das escoras, sendo o comprimento praticamente igual, tanto no plano paralelo, quadro 5.33, como no perpendicular, quadro 5.34.

No caso da verificação de segurança a este fenómeno, a verificação 1 corresponde à verificação de segurança no plano paralelo ao plano da asna, já a verificação 2 corresponde à verificação de segurança no plano perpendicular ao plano da asna.

Quadro 5.33. – Característica da encurvadura nas escoras: plano paralelo ao plano da asna.

Elemento	l_e^z [m]	I_y [m ⁴]	i_y [m]	λ_y	$\lambda_{rel,y}$	β_c	k_y	$k_{c,y}$	k_m
Escora	1,91	1,728E ⁻⁴	0,035	54,57	0,951	0,2	1,017	0,725	0,7

Quadro 5.34. – Característica da encurvadura nas escoras: plano perpendicular ao plano da asna.

Elemento	l_e^y [m]	I_z [m ⁴]	i_z [m]	λ_z	$\lambda_{rel,z}$	β_c	k_z	$k_{c,z}$	k_m
Escora	1,91	1,728E ⁻⁴	0,035	54,57	0,951	0,2	1,017	0,725	0,7

Quadro 5.35. – Verificação de segurança à encurvadura nas escoras.

Elemento	ELU ₁				ELU ₂			
	Verificação 1		Verificação 2		Verificação 1		Verificação 2	
Escora	0,20	Ok!	0,20	Ok!	0,14	Ok!	0,14	Ok!

- Bambeamento

Relativamente às escoras, falta apenas avaliar o risco ao bambeamento. A verificação de segurança em relação a este fenómeno rege-se pela expressão (5.31.), uma vez que o elemento em análise está sujeito à ação conjunta de um momento fletor e a um esforço de compressão. No cálculo foi considerado, de acordo com o quadro 5.11., um valor de $r_b = 1$, estando desta forma a favor da segurança.

Quadro 5.36. – Verificação de segurança ao bambeamento nas escoras.

Elemento	$L[m]$	r_p	$l_{ef} [m]$	$\sigma_{m,crit}[MPa]$	$\lambda_{rel,m}$	k_{crit}	Verificação ELU ₁		Verificação ELU ₂	
Escora	1,91	1	1,91	294,03	0,25	1	0,08	Ok!	0,05	Ok!

5.10.3.4. PENDURAL

O pendural da asna considerada, está sujeito a esforços de tração paralelo à direção do fio, quadro 5.37.

Quadro 5.37. – Esforços atuantes no pendural.

Elemento	ELU ₁	ELU ₂
	$N_{sd} [kN]$	$N_{sd} [kN]$
Pendural	17,43 (T)	4,90 (T)

Seguem-se as características geométricas do pendural, representadas no quadro 5.38.

Quadro 5.38. – Características geométricas do pendural.

Elemento	$b [m]$	$h [m]$	$A [m^2]$	$I_y [m^4]$	$I_z [m^4]$
Pendural	0,12	0,12	0,0144	1,728E ⁻⁴	1,728E ⁻⁴

- Tração

Finalmente, procede-se à verificação de segurança da tração do pendural para ELU₁ e ELU₂, representado no quadro 5.39. Esta verificação tem de cumprir a equação 5.11.

Quadro 5.39. – Verificação de segurança à tração no pendural.

Combinação	$\sigma_{t,0,d}$ [MPa]	Verificação	
ELU ₁	0,34	7,62	Ok!
ELU ₂	1,21	7,62	Ok!

5.10.4. VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA EM SERVIÇO

A verificação de segurança em estado limite de utilização, quadro 5.40. e quadro 5.41., faz-se para as combinações definidas em (5.7.) e (5.8.), de onde são, posteriormente, retirados os deslocamentos máximos.

No caso dos elementos mais críticos da asna (pernas e linha) e para as madres, o deslocamento foi tirado diretamente do programa de cálculo.

5.10.4.1. COMBINAÇÃO CARACTERÍSTICA

Quadro 5.40. – Verificação de segurança no ELS: Combinação Característica.

Elemento	l [m]	w_{inst} [mm]	Limites [mm]		Verificação
Madre	3,50	8,74	$l/250=14,00$	$l/350=10,00$	Ok!
Perna	4,20	8,54	$l/250=16,80$	$l/350=12,00$	Ok!
Linha	8,00	10,88	$l/250=32,00$	$l/350=22,86$	Ok!

5.10.4.2. COMBINAÇÃO QUASE-PERMANENTE

Quadro 5.41. – Verificação de segurança no ELS: Combinação Quase-permanente.

Elemento	l [m]	$w_{net,fin}$ [mm]	Limites [mm]		Verificação
Madre	3,50	4,12	$l/300=11,67$	$l/500=7,00$	Ok!
Perna	4,20	4,05	$l/300=14,00$	$l/500=8,40$	Ok!
Linha	8,00	4,43	$l/300=26,67$	$l/500=16,00$	Ok!

5.10.5. CONCLUSÕES – ESTRUTURA DE MADEIRA

Após a verificação de segurança dos diferentes elementos da cobertura, concluiu-se que as condições impostas foram cumpridas.

Apesar dos Eurocódigos utilizados apresentarem um modelo de cálculo bastante rígido em termos de coeficientes de segurança e simultaneidade de esforços, as secções consideradas no dimensionamento inicial, aquando a definição da geometria da cobertura, fazem desta cobertura segura. De facto, os elementos pré-dimensionados já se previam sobredimensionados, contudo permitem constituir uma estrutura mais segura.

5.11. ESTRUTURA DE BETÃO

De forma a materializar a cobertura de madeira, é necessário ter em conta a estrutura de betão existente e a nova, a dimensionar. A planta estrutural de betão armado está definida na figura 5.14.

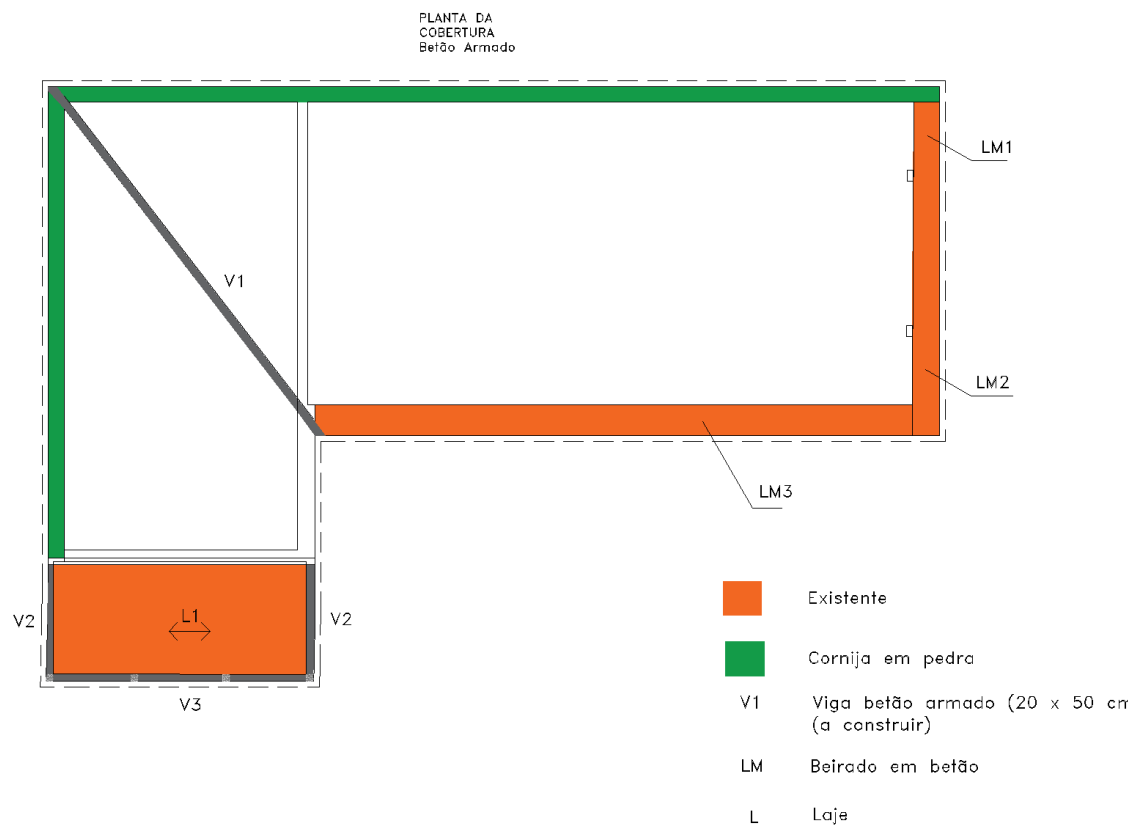


Figura 5.14. – Planta estrutural de betão armado.

Pormenor LM3

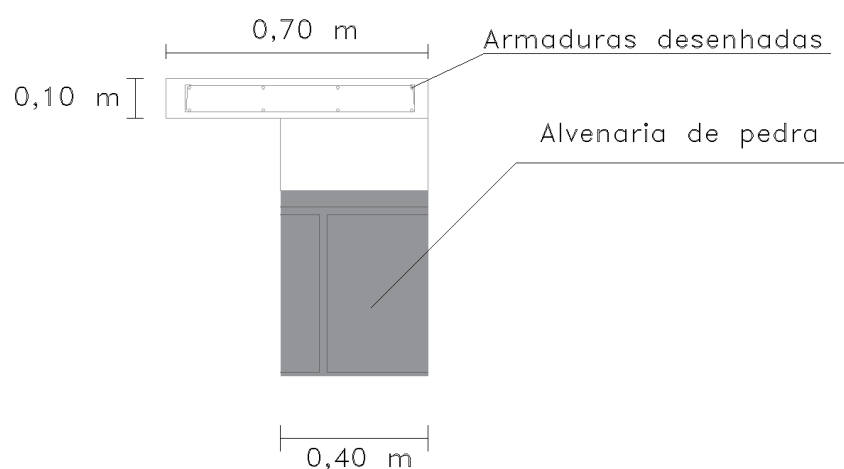


Figura 5.15. – Pormenor do beirado LM3 existente.

5.11.1. ESTRUTURAS A CONSTRUIR

- Cintas de betão armado para beirado e paredes de alvenaria

Para que a cobertura de madeira fique estável e bem nivelada, será necessário numa 1ª fase que a cota ao longo das paredes de alvenaria de pedra seja constante. Assim sendo, as cintas irão permitir que ao longo do beirado e nas paredes de alvenaria de pedra com cornija, os vãos das asnas se apoiem numa estrutura nivelada e estável.

- Parede de blocos de betão, PBB 1

Como visto, a estrutura de madeira da cobertura será auxiliada por uma parede de blocos de betão (fig. 5.16.), que materializará duas pendentes. Esta parede triangular, deverá ter a inclinação da pendente igual à da cobertura de madeira, $\alpha = 30^\circ$. De qualquer forma, no topo da cobertura haverá, então, uma pequena parede de separação.

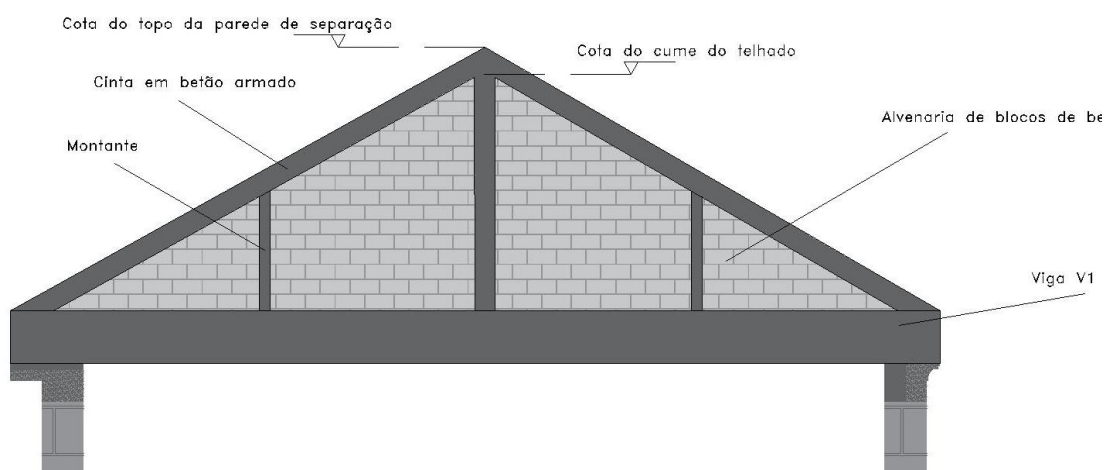


Figura 5.16. – Pormenor da parede de blocos de betão a ser executada.

É importante que esta alvenaria de blocos de betão seja cintada a toda a volta e no interior auxiliada por montantes dispostos na vertical, conferindo, assim, estabilidade. Para sustentar esta parede, deverá ser dimensionada uma viga, V1.

- Viga, V1

Para o dimensionamento da viga, V1, teve-se em conta o Eurocódigo 2 para estruturas de betão. A viga tem um vão de 10,8 m e sustenta a parede de blocos de betão, PBB 1. Considerou-se uma viga de 0,20 x 0,50 m², pelo vão que apresenta e pelo peso que acarreta.

- Dados iniciais:

C25/30; A500

Peso próprio da viga de betão armado: $1 \times 0,2 \times 0,5 \times 25 \text{ kN/m}^2 = 2,5 \text{ kN/m}$

Peso próprio de PBB1 = peso próprio das cintas em betão armado + peso próprio da alvenaria de blocos de betão = $1 \times 0,2 \times 0,2 \times 25 \times 3 + 1 \times 0,5 \times 2,58 \times 2,3 = 5,97 \text{ kN/m}$

$$p_{ED} = (2,5 + 5,97) \times 1,35 = 11,43 \text{ kN/m}$$

A reação nos apoios será $R_A = R_B = 61,72 \text{ kN}$.

Momento, $M_{Ed} = 11,43 \times 10,8^2 / 8 = 166,65 \text{ kN.m}$;

- Cálculo de μ :

$$\mu = \frac{M_{Ed}}{b \times d^2 \times f_{ck}} = \frac{166,65}{0,2 \times 0,45^2 \times 16700} = 0,246 \rightarrow w = 0,301$$

- Cálculo das armaduras:

$$w = \frac{A_s}{b \times d} \times \frac{f_{syd}}{f_{cd}} \rightarrow A_s = 10,40 \text{ cm}^2 \rightarrow 4\emptyset 20 (12,56 \text{ cm}^2)$$

- Dimensionamento dos estribos:

Na secção 6.2 do EC2, subcapítulo 6.2.2. está disposta a verificação para o requerimento de armadura, tal que:

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{\frac{1}{3}} \right] \times b_w \times d \quad (5.33.)$$

Onde:

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = 0,12;$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,67 \leq 2,0 \text{ (ok)}$$

$$\rho_l = \frac{A_{sw}}{b_w \times d} = \frac{12,56}{20 \times 45} = 0,014$$

Logo:

$$V_{Rd,c} = 64,47 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 61,72 \text{ kN}$$

Pela verificação anterior, não é necessário dimensionar armadura de esforço transverso. Prevê-se então a colocação da armadura mínima de acordo com 9.2.2. expresso no EC2.

O valor da armadura mínima, $p_{w,min}$, é calculado através da expressão seguinte:

$$p_{w,min} = \frac{0,08 \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = \frac{0,08 \times \sqrt{25}}{500} = 8 \text{ cm}^2$$

O espaçamento longitudinal máximo também não deverá ser superior a $s_{l,max}$, tal que:

$$s_{l,max} = 0,75d = 0,34m \rightarrow 0,30m$$

Assim,

$$\left(\frac{A_{sw}}{s}\right)_{min} = 8 \times 10^{-4} \times 0,30 = 2,4 \frac{cm^2}{m} \rightarrow \phi 6//0,30 (2r)$$

A viga V1 terá o seguinte desenho:

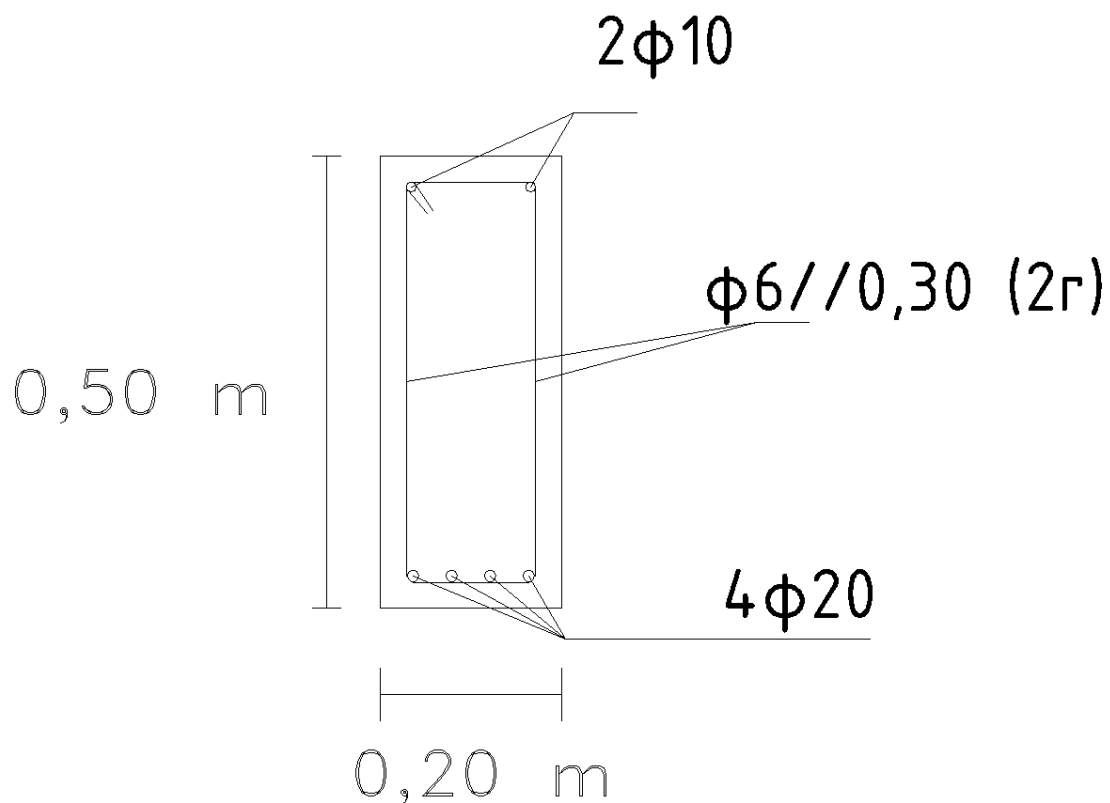


Figura 5.17. – Pormenor transversal da viga V1.

6

PROJETO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUAS, DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS E PLUVIAIS

6.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentados os projetos de abastecimento de águas, drenagem de águas residuais e pluviais para a nova solução a aplicar na casa.

O principal entrave que se colocou na definição destes projetos foi a distância à rede pública. Deste modo, foram delineados projetos com soluções modernas e que satisfizessem as condições impostas pelo Regulamento em questão, e que aproveitassem a envolvente exterior.

Os projetos em questão foram realizados usando os Regulamentos em vigor, tendo sido feitos os desenhos em Autocad, versão 2016. Para o traçado foi igualmente importante ter as plantas arquitetónicas e as características estruturais e geométricas do binómio casa-terreno.

Os cálculos no dimensionamento da rede de água fria e de água quente foram feitos recorrendo a uma folha de cálculo do EXCEL.

6.2. REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUAS

A habitação, que é objeto para o estudo de caso, está inserida numa zona que se localiza a 500 m da rede pública. A captação atual é feita a partir de uma mina, que se localiza a alguns metros da casa, o que também se vai manter. É importante que se façam estudos à potabilidade da água regularmente, uma vez que neste tipo de captação há a probabilidade de a água se contaminar por infiltrações.

A água será, então, levada até uma zona técnica que será instalada na cave. Nesta zona, serão construídos um reservatório e um grupo de bombagem, os quais levarão a água fria para toda a casa com pressão adequada.

No piso 1 vai ser instalado um esquentador elétrico, na zona anexa à cozinha, por cima da máquina de lavar roupa, para que haja a passagem de água fria a quente, que abastecerá todos os espaços da casa onde esta será necessária (cozinha e casas de banho).

Todo o projeto foi desenvolvido de acordo com o Regulamento de Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais, aprovado pelo Decreto Regulamentar nº23/95 de 23 de agosto.

O referido projeto deverá ser executado com base nas plantas arquitetónicas da casa e peças desenhadas da mesma, previamente confirmadas por cálculos, cumprindo a legislação em vigor. Para o traçado, foi utilizado o software AutoCad.

6.2.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

A captação da água a partir da mina envolve uma tubagem PEAD. Como, neste momento, a tubagem existe e funciona adequadamente, e como não se conhece com detalhe a sua localização no terreno a montante da casa, apenas será feita a substituição da tubagem a cerca de 2,5 m da habitação. A nova rede de abastecimento de água será em PPR, pelo que, no referido ponto de substituição, deverá ser munido de uma válvula.

Todos os dispositivos sanitários, bem como os restantes, serão também eles abastecidos com tubagens PPR. A instalação do esquentador elétrico irá garantir o abastecimento de água quente aos dispositivos que a requisitem.

O traçado de todas as tubagens está representado nas peças desenhadas.

6.2.2. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

O cálculo hidráulico tem como base 3 princípios:

- Fornecer os caudais de serviço a todos os dispositivos;
- Assegurar um intervalo de pressão confortável na rede;
- Garantir uma velocidade de escoamento entre os 0,5 e 2 m/s.

De acordo com o Regulamento de Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais, aprovado pelo Decreto Regulamentar nº23/95 de 23 de agosto, os caudais instantâneos a considerar no dimensionamento são os seguintes:

Quadro 6.1. – Caudais mínimos instantâneos nos dispositivos de utilização água quente e fria.

Autoclismo	0,10 l/s
Banheira	0,25 l/s
Bidé	0,10 l/s
Lavatório	0,11 l/s
Máquina de lavar roupa	0,10 l/s
Lava Louça	0,20 l/s
Esquentador	0,20 l/s

Os caudais de cálculo, Q_c (l/s), utilizados no dimensionamento das tubagens da rede, são obtidos em função dos caudais instantâneos acumulados, Q_a (l/s), de cada dispositivo, e o fator de simultaneidade de uso dos diferentes dispositivos em questão, tudo isto para proporcionar um nível médio de conforto para os utentes. Utilizaram-se as fórmulas que se apresentam de seguida.

- $Q_c = 0.5469 \times Q_a^{0.5137}$ para valores de $Q_a \leq 3,5$ l/s
- $Q_c = 0.522 \times Q_a^{0.5364}$ para valores de $25 \geq Q_a > 3,5$ l/s
- $Q_c = 0.2525 \times Q_a^{0.7587}$ para valores de $500 \geq Q_a > 25$ l/s

Por conseguinte, os diâmetros de cálculo das tubagens, D_c (mm), são obtidos em função do caudal de cálculo, Q_c (l/s), velocidade de escoamento, v (m/s) e da perda de carga nas tubagens.

$$D_c = 2 \left(\frac{Q_c}{\pi * v} \right)^{0.5} \quad (6.1.)$$

Posto isto, é escolhido um diâmetro comercial que se enquadre face ao diâmetro de cálculo acima descrito, que não só cumpra os limites impostos pela legislação em vigor, como também com os critérios de velocidade de escoamento acima mencionados. Esta velocidade será calculada através da seguinte fórmula:

$$v = \frac{\left(\frac{Q_c}{\pi * D_c^2} \right)}{4} \quad (6.2.)$$

No cálculo hidráulico das pressões foram consideradas perdas de carga contínuas e localizadas (10% das contínuas), bem como desníveis a vencer. Foi introduzida, também, uma perda de pressão de 5 mca, após a passagem dos caudais no esquentador.

6.2.3. DIMENSIONAMENTO DA REDE

- Reservatório

O reservatório foi dimensionado para uma estimativa de consumo diário de água para um edifício considerado “residência popular ou rural”, tendo um consumo per capita diário (l/dia) de 150. Tendo em contas as 6 pessoas que habitam na casa, o reservatório deverá ter um volume, V (m³), de:

$$V = C \times P \quad (6.3.)$$

Onde:

V	Volume do reservatório, em m ³ ;
C	Consumo diário per capita (l/dia);
P	População do edifício.

Assim sendo, teremos:

$$V=150*6/1000= 0,9 \text{ m}^3.$$

Com uma pesquisa no mercado, escolheu-se um reservatório de 1000 litros da marca LEROY MERLIN (fig. 6.1.) com a referência 15966650.



Figura 6.1. – Reservatório de água com capacidade de 1000L da marca LEROY MERLIN, ref.15966650, [21].

Anexo ao depósito, estará também um equipamento para tratamento da água, uma vez que, como não se conhece a tubagem na origem da captação, esta poderá estar infetada com agentes microbiológicos. Neste caso, deverá ser feita uma análise mais aprofundada ao estado da água e, só depois, proceder-se à instalação do equipamento que melhor se adequa.

- Bomba

O caudal a elevar por parte do grupo de bombagem, Q_e , depende da capacidade total do reservatório por dia, do nº de arranques da bomba por hora, de maneira que:

$$Q_{\text{elevação}} = \frac{V * fp}{24} \quad (6.4.)$$

Com uma bomba a fazer ciclos de bombagem de 4 arranques por hora (deve ser entre 4 e 6), de maneira a proporcionar conforto aos utilizadores e a minimizar o desgaste da bomba, obtém-se um caudal a elevar de:

$$Q_{\text{elevação}} = 0,9*4/24 = 0,15 \text{ m}^3/\text{h} = 0,000042 \text{ m}^3/\text{s}$$

De seguida, calcula-se a potência necessária para o grupo elevatório, P . Esta depende do caudal a elevar, da altura manométrica total, H_m (mca), e do rendimento da bomba, η , que se considerou de 70%.

A altura manométrica é o somatório da altura geométrica (entre o sistema elevatório e o ponto mais elevado) da pressão mínima a garantir no ponto mais elevado da rede, da perda de carga ao longo da rede e da perda de carga de arranque da bomba.

$$\text{Deste modo, } H_m = H_{\text{geo}} + P_{\text{min}} + \Delta H_{\text{arranque}} + \Delta H_{\text{rede}} = 5 + 15 + 15 + 2,1*3 = 41,3 \text{ mca.}$$

A potência obtém-se com base na seguinte fórmula:

$$P = \frac{\gamma * Q_{\text{elevação}} * H_m}{\eta} \quad (6.5.)$$

Logo, $P=9,810*0,000042*41,3/0,7=0,0243 \text{ kw/h.m}^3$.

Considerou-se a bomba da marca GRUNDFOS, do grupo MQ, com o modelo MQ 3-35 e com a curva característica expressa na figura 6.2..

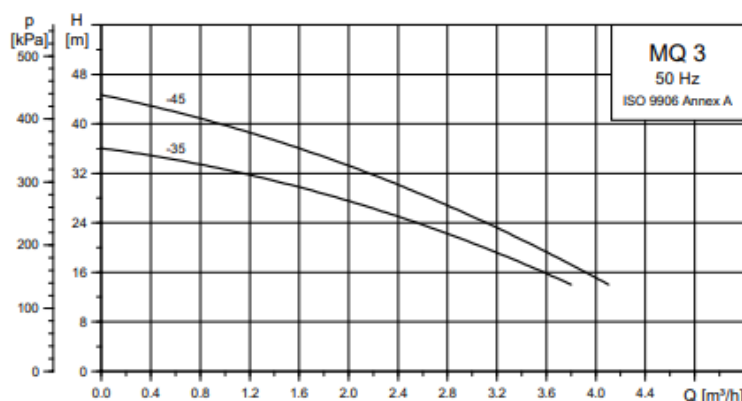


Figura 6.2. – Curva característica da bomba MQ 3-35 da marca GRUNDFOS, [22].

- Dimensionamento de rede água fria:

Quadro 6.2. – Dimensionamento da rede de água fria.

Troço em análise	L (m)	Qa (L/s)	Qc (L/s)	Dc (mm)	Dcom (mm)	U (m/s)	Jcont (mca/m)	dH (mca)	H (mca)	Pm (mca)	Pj (mca)
0-1	10,7	1.06	0.54	23.41	25	0.69	0.03	0.30	-0.10	2.00	1.70
1--2	6,17	1.06	0.54	23.41	25	0.69	0.03	0.17	-2.75	4.45	4.28
2--R	2,85	1.06	0.54	23.41	25	0.69	0.03	0.08	-2.00	6.28	6.20
R--R								0.01		6.20	6.20
R--B								0.01	-0.15	6.35	6.34
B--B								0.01	-26.30	32.64	32.63
B--3	2,03	1.06	0.54	23.41	25	0.69	0.03	0.06	0.00	32.63	32.58
3--4	0,58	1.06	0.54	23.41	25	0.69	0.03	0.02	11.05	21.53	21.51
4--5	1,00	1.06	0.54	23.41	25	0.69	0.03	0.03		21.51	21.48
4--6	2,70	0.95	0.51	22.76	25	0.65	0.03	0.07		21.51	21.44
6--7	0,60	0.95	0.51	22.76	25	0.65	0.03	0.02		21.44	21.43
7--8	1,00	0.85	0.48	22.12	25	0.61	0.02	0.02		21.43	21.40
8--9	0,90	0.75	0.45	21.42	20	0.90	0.06	0.05		21.40	21.35
6--10	1,70	0.50	0.37	19.30	20	0.73	0.04	0.07		21.35	21.28
10--11	0,80	0.5	0.37	19.30	20	0.73	0.04	0.03		21.28	21.25
10 --12 - E	0,80	0.4	0.33	18.23	20	0.65	0.03	0.03		21.26	21.23
10--13	4,80	0.2	0.23	15.26	16	0.71	0.05	0.25		21.26	21.01

- Dimensionamento de rede água quente:

Quadro 6.3. – Dimensionamento da rede de água quente.

Troço em análise	L (m)	Qa (L/s)	Qc (L/s)	Dc (mm)	Dcom (mm)	U (m/s)	Jcont (mca/m)	dH (mca)	H (mca)	Pm (mca)	Pj (mca)
E--12	0.4	0.66	0.42	20.73	25	0.54	0.02	5.01		21.20	16.19
12--13	5.00	0.20	0.23	15.26	16	0.71	0.05	0.26		16.19	15.93
12--10	1.35	0.46	0.35	18.89	20	0.70	0.04	0.05		15.93	15.88
10--8	1.25	0.35	0.30	17.61	20	0.61	0.03	0.04		15.88	15.85
8--9	0.90	0.2	0.23	15.26	16	0.71	0.05	0.05		15.85	15.80
10--5	4.25	0.11	0.17	13.08	16	0.52	0.03	0.13		15.80	15.67

6.2.5. Plantas Esquemáticas da Rede

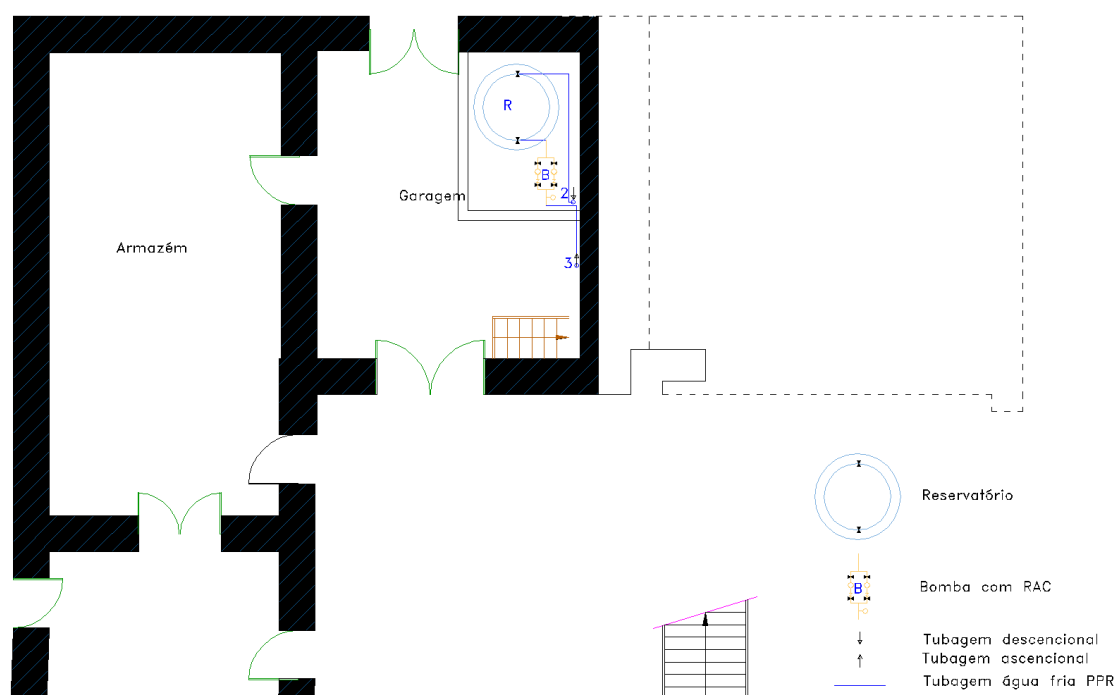


Figura 6.3. – Rede de abastecimento da cave.

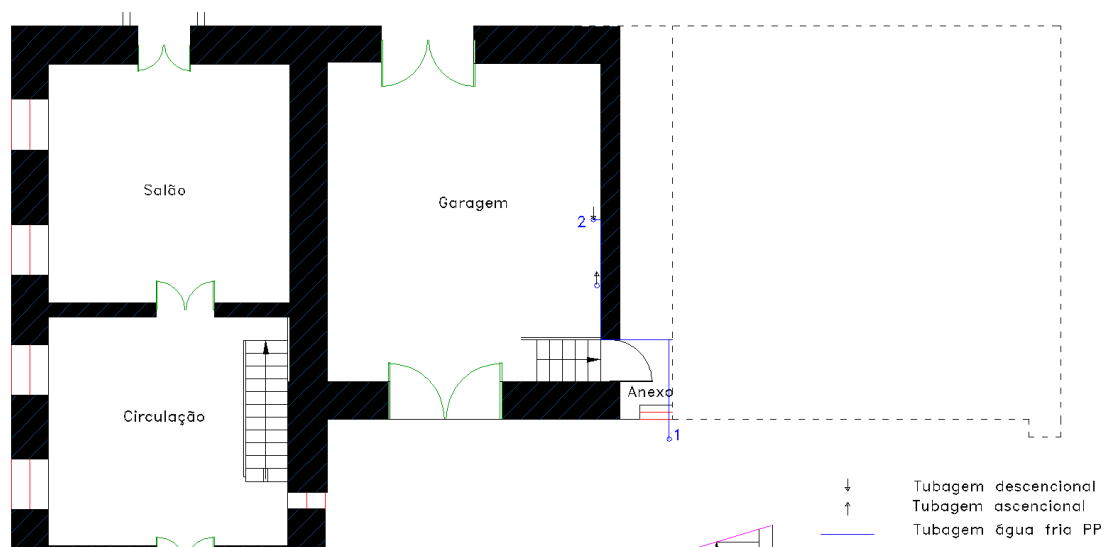


Figura 6.4. – Rede de abastecimento do rés-do-chão.

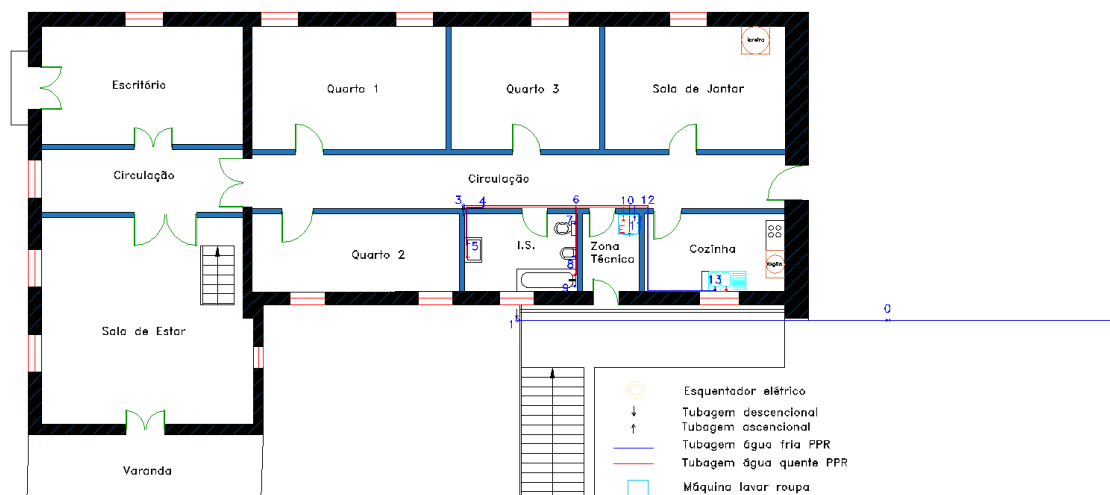


Figura 6.5. – Rede de abastecimento do 1º piso.

6.2.3.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como se pode constatar, a rede implementada cumpre os requisitos de pressão mínima exigida para o conforto mínimo dos utilizadores.

6.3. REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS

O projeto de drenagem de águas residuais foi, também ele, feito com base no regulamento geral de sistemas públicos e prediais de distribuição e drenagem de águas residuais, aprovado em decreto de lei nº23/95 de 23 de agosto.

A rede de saneamento local situa-se na estrada que dá acesso ao caminho para a casa, que está a cerca de 500 m da habitação. A drenagem das águas residuais é feita para uma fossa séptica que se localiza a alguns metros da habitação. Como é pouco viável fazer a ligação à rede de saneamento pública, optou-se apenas por se substituir as infraestruturas responsáveis por esta

tarefa, mantendo-se a ligação à fossa séptica, ou seja, o funcionamento análogo ao existente, sendo a drenagem feita por gravidade.

Assim sendo, a nova rede inclui ramais de descarga que conduzirão o esgoto dos diferentes aparelhos sanitários para caixas de pavimento, onde seguirá depois para um tubo de queda. O esgoto proveniente das descargas de autoclismo irá diretamente para o tubo de queda. Este tubo de queda deve ter ventilação primária e ser bem aprumado. O tubo de queda levará o esgoto para uma caixa de visita, a qual se localizará no piso da cave. Da mesma sairá uma tubagem que apanhará a vala existente, atravessando por baixo da casa e levando o esgoto até à fossa séptica.

A tubagem terá um traçado retilíneo e não deverá ser dobrada para além do recomendado.

6.3.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

O esgoto proveniente dos diferentes aparelhos sanitários será direcionado por ramais de descarga de PVC rígido, com diâmetros que se localizarão no pavimento, entre os 40 e 110 mm. A caixa de pavimento deverá ter tantas entradas quantas as necessárias, de modo a abranger todos os ramais de descarga, devendo ainda ser sifonada.

O esgoto proveniente da bacia de retrete será diretamente direcionado para o tubo de queda, pelo que o aparelho já terá o sifão incluído.

O tubo de queda será, também ele, em PVC rígido e devidamente dimensionado.

6.3.2. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

O dimensionamento hidráulico foi feito com base na regulamentação em vigor e de acordo com bibliografia especializada na temática. Os valores mínimos para os caudais de descarga, diâmetro do ramal de descarga e diâmetro mínimo dos sifões a considerar nos aparelhos sanitários estão definidos na seguinte tabela.

Quadro 6.4. – Caudal de descarga e diâmetros mínimos dos ramais de descarga.

			Sifão	
Aparelho	Caudal de descarga	Ramal de descarga	Diâmetro mínimo	Fecho Hídrico
Bacia de retrete	90 l/min	90 mm	Incorporado	50 mm
Banheira	60 l/min	40 mm	30 mm	
Bidé	30 l/min	40 mm	30 mm	
Lavatório	30 l/min	40 mm	30 mm	
Máquina de lavar roupa	60 l/min	50 mm	40 mm	
Lava Louça	30 l/min	50 mm	40 mm	

O ramal de descarga tem como objetivo transportar as águas residuais dos aparelhos para os tubos de queda, sendo estes dimensionados para secção cheia.

A ligação dos ramais de descarga aos tubos de queda será efetuada através de forquilhas. Um tubo de queda é uma canalização vertical que tem a função de receber as águas residuais provenientes dos diferentes ramais de descarga e direcioná-las para o coletor da edificação. Deve ser bem ventilado e arejado.

O caudal de cálculo depende do caudal acumulado de descarga dos aparelhos e rege-se por uma curva que tem a seguinte equação:

$$Q_c = 7.3497 \times Q_{ac}^{0,5352} \quad (6.6.)$$

Onde:

Q_c	Caudal de cálculo (l/min);
Q_{ac}	Caudal acumulado, que corresponde ao somatório de todos os caudais de descarga dos diferentes aparelhos (l/min).

Os tubos de queda são dimensionados para o caudal de cálculo acumulado de todos os aparelhos que nele descarreguem, em função do coeficiente de simultaneidade. É calculado utilizando a seguinte equação:

$$D_q = 4.4205 \times Q_c^{\frac{3}{8}} \times t_s^{-\frac{5}{8}} \quad (6.7.)$$

Onde:

D_q	Diâmetro do tubo de queda (m);
Q_c	Caudal de cálculo (l/min);
T_s	Taxa de ocupação.

De modo a evitar a introdução de ventilação secundária, adota-se uma relação entre o caudal e o diâmetro do tubo de queda, de maneira que:

$$\frac{Q}{D} \leq 2,5 \quad (6.8.)$$

Onde:

Q	Caudal de cálculo;
D	Diâmetro do tubo de queda.

Como há uma relação entre estas duas variáveis com a taxa de ocupação do tubo de queda, temos valores de taxa de ocupação em função do diâmetro do tubo de queda. Deste modo, não há ventilação secundária quando se verificar o que acontece na tabela que se segue.

Quadro 6.5. – Valores da taxa de ocupação.

Diâmetro do tubo de queda (mm)	Taxa de ocupação
50	1/3
50 – 75	1/4
75 – 100	1/5
100 – 125	1/6
>125	1/7

Do tubo de queda, o esgoto segue para a caixa no exterior em blocos de betão argamassadas (dimensões interiores mínimas de 0,60 x 0,60 m², com tampa hidráulica para proteger dos maus cheiros), o qual se vai ligar ao coletor. O coletor tem, então, a função de receber o esgoto proveniente do tubo de queda e de o levar, neste caso, até à fossa séptica. Para a moradia em questão, o coletor foi dimensionado da mesma maneira que é dimensionado um coletor predial.

Um coletor predial é dimensionado para meia secção e segundo a equação de Manning-Strickler, da seguinte forma:

$$Q = K \times i^{\frac{1}{2}} \times R^{\frac{2}{3}} \times S \quad (6.9.)$$

Onde:

Q	Caudal de cálculo;
K	Constante de rugosidade, que depende do material;
i	Inclinação do coletor, que deve estar entre 1% e 4%;
R	Raio hidráulico;
S	Secção de tubagem.

O diâmetro do coletor não deve ser menor que 100 mm, sendo que o recomendável é que seja superior a 125 mm.

6.3.3. Dimensionamento da Rede

- Tubo de queda

$$Q_{ac} = \sum \text{Caudais de descarga} = 90+60+30+30+60+30 = 300 \text{ l/min}$$

$$Q_c = 7,3497 * 300^{0,5352} = 155,61 \text{ l/min}$$

Considerando uma taxa de ocupação $t_s=1/5$:

$$D_q = 4,4205 * 155,61^{3/8} * (1/5)^{-5/8} = 80,23 \text{ mm} \rightarrow \text{tubagem em PVC rígido} \rightarrow D_{com} = 90 \text{ mm.}$$

Como $ts=1/5$ e $75 \geq D_{com} \geq 100$, está dentro dos limites aceitáveis para só haver ventilação primária.

- Coletor

Como só há apenas um tubo de queda, o caudal de cálculo do coletor é igual ao caudal de cálculo do tubo de queda:

$$Q_c = 155,61 \text{ l/min} = 0,0025935 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D_{cp} = K \times i^{\frac{1}{2}} \times R^{\frac{2}{3}} \times S$$

$$K_{pvc} = 120$$

$$i = 0,5/28 = 1,8\%$$

Dimensionamento para 1/2 secção

$$D_{cp} = 0,0025935^{3/8} / (0,4980 * 120^{3/8} * 0,018^{3/16}) = 0,076 \text{ m} = 76 \text{ mm} \rightarrow D_{com} = 90 \text{ mm} \geq D_q \text{ ok!}$$

6.3.4. Plantas Esquemáticas da Rede

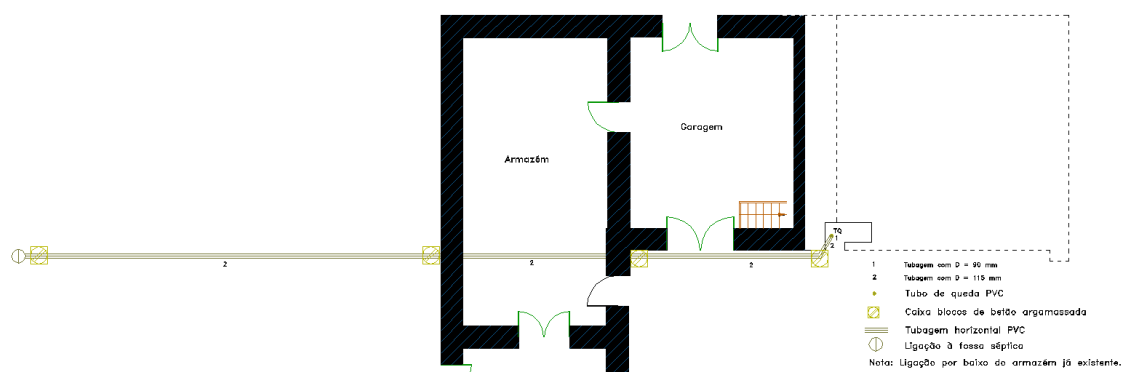


Figura 6.6. – Rede de drenagem de águas residuais da cave.

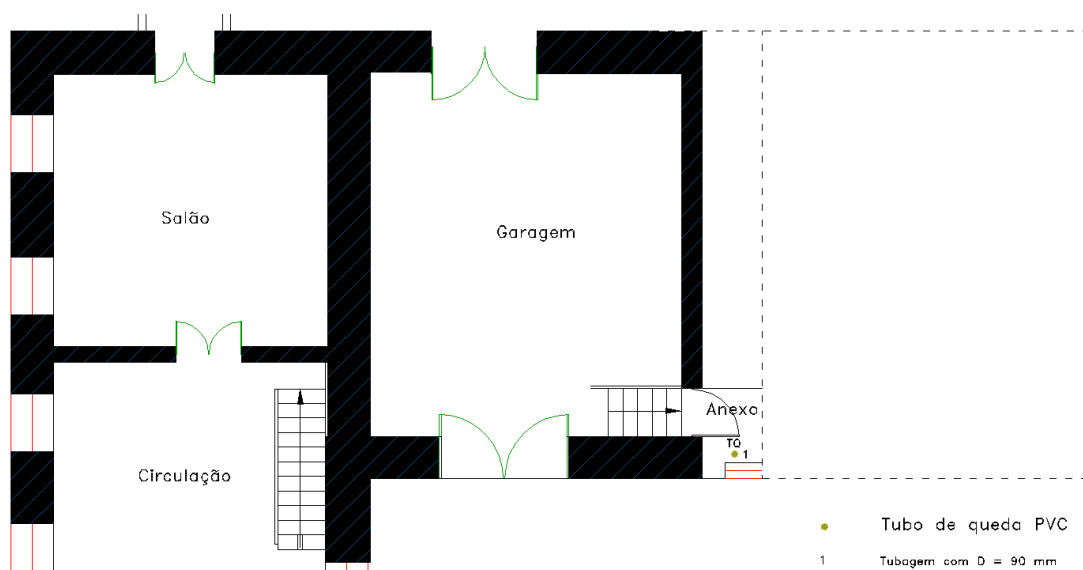


Figura 6.7. – Rede de drenagem de águas residuais do rés-do-chão.

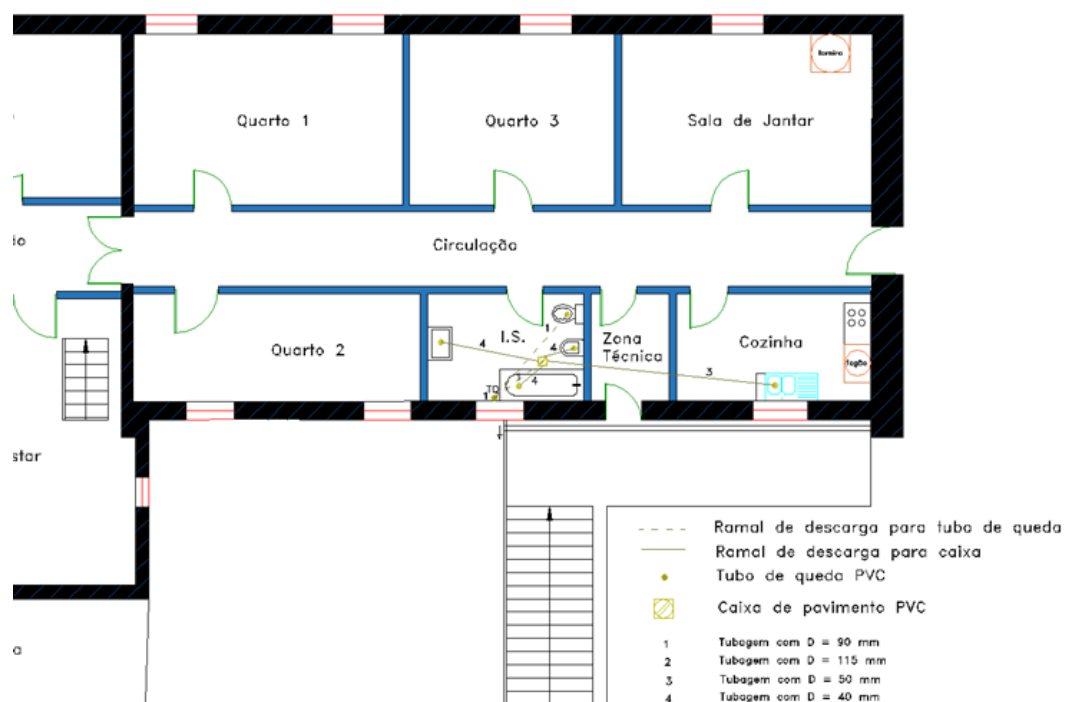


Figura 6.8. – Rede de drenagem de águas residuais do 1º piso.

6.4. REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

A moradia em estudo possui um sistema deficiente e em algumas fachadas inexistente, no que toca à recolha e condução das águas provenientes das chuvas. Considerou-se que a rede de drenagem de águas residuais e pluviais seriam elaboradas com independência uma da outra, de modo a ser possível captar as águas das chuvas para rega, ou com o intuito que estas sejam drenadas pelos inúmeros campos de cultivo que existem nas redondezas.

Deste modo, as pendentes do telhado recolhem as águas da chuva e levam-nas até às caleiras, que existem nos limites das vertentes. Das mesmas, a água é conduzida para os tubos de queda, onde segue para os coletores e, posteriormente, para pequenas linhas de água que levam até aos campos, uma vez que a rede pública fica a uma grande distância, para que se possa descarregar, não sendo economicamente viável e não se verificando uma interferência significativa da água proveniente da casa nas zonas vizinhas, já que as zonas impermeáveis da casa são em área muito reduzida, relativamente à envolvente.

6.4.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

As caleiras serão semicirculares e em PVC, bem como os tubos de queda, ambos instalados à vista e devidamente dimensionados, de acordo com a regulamentação em vigor. Os coletores serão, também eles, em PVC, colocados sobre uma camada de areia de 10 cm de espessura e devidamente compactada, com enchimento lateral até metade do diâmetro do tubo e com um enchimento posterior de areia até 30 cm por cima da geratriz do coletor.

6.4.2. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

De acordo com o Regulamento, para o dimensionamento dos diferentes órgãos de drenagem de águas pluviais, é primordial conhecer o caudal de cálculo.

$$Q = C \times I \times A \quad (6.10.)$$

Onde:

Q	Caudal de cálculo (l/min);
C	Coefficiente de escoamento;
I	Intensidade de precipitação (l/min.m ²);
A	Área a drenar em projeção horizontal (m ²).

Como já foi visto, é importante calcular inicialmente a intensidade da precipitação para a zona de estudo em questão. Baseia-se nas curvas IDF (Intensidade – Duração – Frequência da precipitação), que analisam dados ligados à pluviometria típica de cada região, como os registos udográficos, e fixam valores de intensidade máximos em função do tempo de duração de precipitação média, t (min), e um período de retorno, T (anos), que deverá ser ajustado em função do projeto em causa. Assim sendo, a intensidade de precipitação calcula-se utilizando a seguinte expressão:

$$I = at^b \quad (6.11.)$$

Onde:

I	Intensidade da precipitação;
a, b	Constantes que dependem do período de retorno, T;
t	Tempo de precipitação (min).

Todas estas variáveis estão descritas no Regulamento em vigor (anexo IX).

No dimensionamento das caleiras em secção semicircular, utiliza-se a fórmula de Manning-Strickler, da seguinte forma:

$$Q = K \times S \times R^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}} \quad (6.12.)$$

Onde:

Q	Caudal de cálculo;
K	Constante de rugosidade, que depende do material;
S	Secção molhada;
R	Raio hidráulico;
i	Inclinação da caleira.

No cálculo das diferentes variáveis, e admitindo que a tipologia da caleira em questão é semicircular, considera-se que a lâmina líquida ocupa, no máximo, 70% da altura total da caleira.

O dimensionamento dos tubos de queda assenta na seguinte expressão:

$$D = \frac{Q - 0.2638 \times \beta \times H^{\frac{5}{2}}}{0.2638 \times \alpha \times H^{\frac{3}{2}}} \quad (6.13.)$$

Onde:

- D Diâmetro do tubo de queda (mm);
- Q Caudal de cálculo (l/min), que tem em conta o somatório dos caudais de cálculo da cobertura e/ou pavimentos;
- H Altura da lâmina líquida (mm);
- L Comprimento do tubo de queda (m);
- $\beta = 0,350$;
- $\alpha = 0,578$ - para entrada cónica do tubo de queda.

O dimensionamento dos coletores é feito da mesma forma que o coletor para águas residuais.

Por fim, para o coeficiente de escoamento, C, os valores recomendados são:

- C=1 - para áreas cobertas (telhados ou coberturas);
- C=0,9 - para áreas pavimentadas.

6.4.3. Dimensionamento da Rede

No cálculo da intensidade de precipitação, para a zona em estudo, consideraram-se as seguintes situações:

- Zona – Celorico de Basto – Região Pluviométrica A;
- tp – tempo de precipitação – 5 min (considerado);
- T – Período de retorno – 5 anos.

Deste modo:

- a = 259,26
- b = -0,562

Recorrendo à expressão (6.11.): $I = 259,26 * 5^{-0.562} = 104,93 \text{ mm/h} = 1,75 \text{ l/min.m}^2$.

Assim, já conseguimos determinar o caudal de cálculo:

- C = 1 (cobertura ou telhado);
 - I = 1,75 l/min.m²;
 - A = 93 m² (em projeção horizontal da maior área de influência da cobertura)
- ➔ $Q = 1 * 1,75 * 93 = 162,75 \text{ l/min.}$

- Caleiras

Para dimensionar o diâmetro da caleira, vamos utilizar um quadro que está no anexo XII do Regulamento, o qual nos fornece áreas de secções de caleiras e algerozes em função da área em planta e da inclinação. Este quadro considera:

- $I = 2 \text{ l/min.m}^2$ (ok!);
- Altura da lâmina líquida = 7/10 da secção;
- $K = 90 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

Para uma área de cerca de 100 m^2 e com inclinações na caleira de 0,5%, temos uma secção de $89 \text{ cm}^2 \rightarrow D=150 \text{ mm}$, sendo uma caleira semicircular.

- Tubo de queda

No dimensionamento dos tubos de queda utiliza-se a expressão (6.13.).

- $H = 70\%$ da secção da caleira;
- $Q = 162,75 \text{ l/min}$.

Desta forma, resulta um $D = 85,55 \text{ mm}$. A solução final será uma hipótese com tubos de queda dispostos de acordo com as plantas esquemáticas do subcapítulo a seguir, com $D=90\text{mm}$.

- Coletor

Para o dimensionamento do coletor, vai recorrer-se à seguinte equação (6.9.).

Assim:

$$Q_c = 162,75 \text{ l/min} = 0,0027125 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D_{cp} = K \times i^{\frac{1}{2}} \times R^{\frac{2}{3}} \times S$$

- $K_{pvc} = 120$
- $i = 2\%$
- Dimensionamento para $\frac{1}{2}$ secção

$$D_{cp} = 0.0027125^{3/8} / (0,4980 * 120^{3/8} * 0.02^{3/16}) = 0,0757 \text{ m} \rightarrow D_{com} = 90 \text{ mm}$$

Desta forma, o coletor deverá ter um diâmetro igual a $D_{com} = 90 \text{ mm}$. No entanto, e como o edifício se encontra numa zona rural com muita vegetação à volta, justifica-se que estes coletores tenham $D = 125 \text{ mm}$, de forma a que estes não fiquem obstruídos por folhas/lixo.

6.4.4. Plantas Esquemáticas da Rede

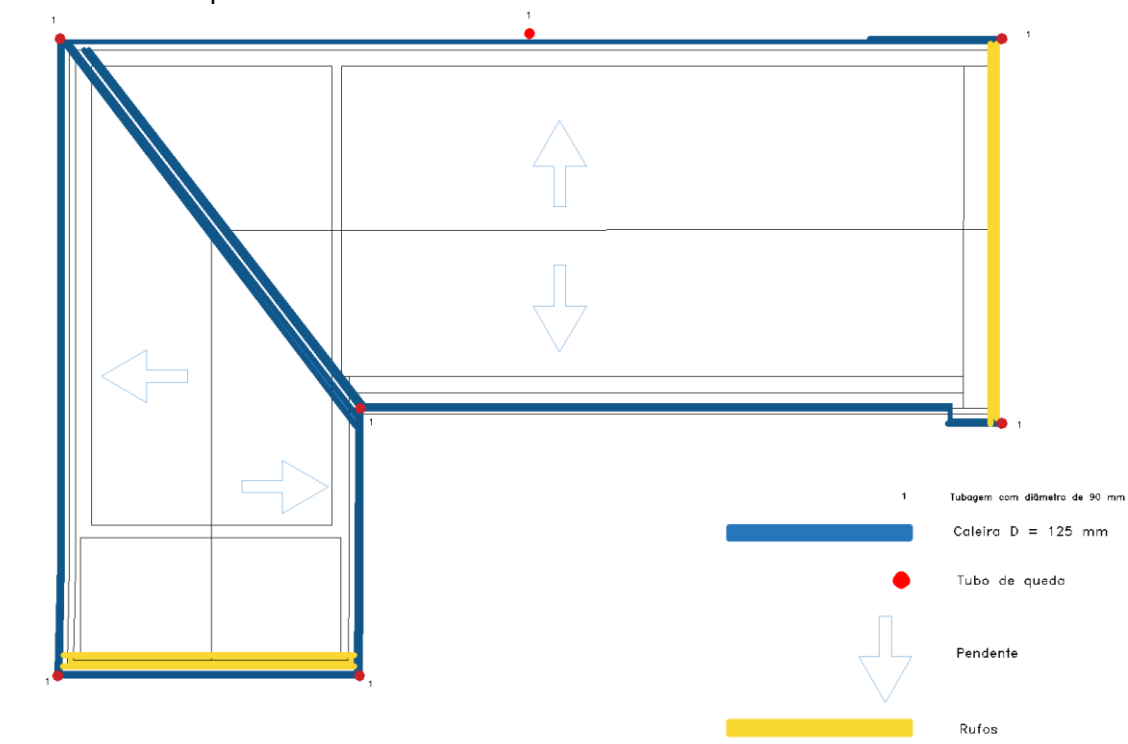


Figura 6.9. – Rede de drenagem de águas pluviais da cobertura.



Figura 6.10. – Rede de drenagem de águas pluviais do 1º piso.

7

MELHORIA DE HABITABILIDADE - PROPOSTAS

7.1. INTRODUÇÃO

Num projeto de reabilitação é importante retificar as anomalias construtivas existentes no edifício, de maneira a trazer-lhe durabilidade ao longo do tempo. No entanto, o conforto que é requerido pelos seus utilizadores é cada vez mais fundamental, exigindo um detalhe tal que leve a melhores desempenhos por parte do edifício que outrora, verificando-se atualmente um aumento de qualidade.

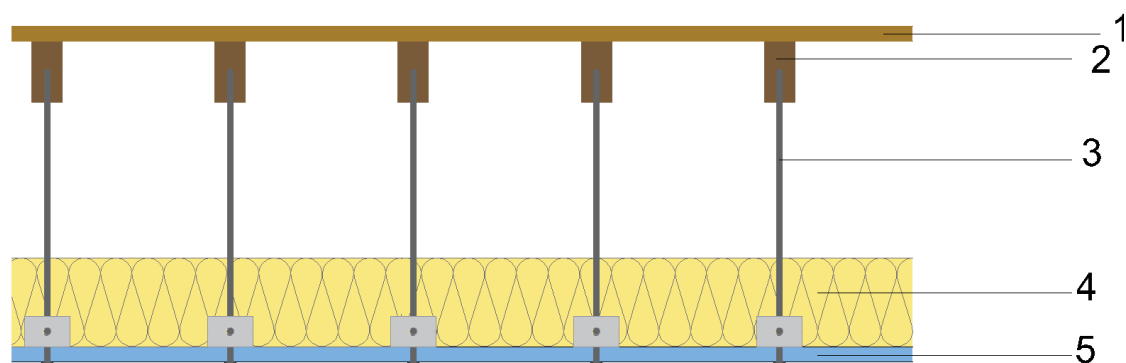
Neste capítulo são apresentadas algumas sugestões, com a finalidade de o edifício obter melhorias térmicas e acústicas.

Estas sugestões são baseadas, não só em bibliografia qualificada, como também em regulamentação em vigor em determinada área de intervenção.

7.2. ISOLAMENTO TÉRMICO NO TETO DA GARAGEM

Como já foi visto no capítulo 3, o teto da garagem corresponde ao pavimento do 1º piso. Esta separação entre pisos materializa-se num vigamento principal colocado paralelamente entre si, no qual assenta um soalho em madeira (ver figura 3.18.), sem qualquer tipo de isolamento. Deste modo, nota-se uma discrepância de temperatura entre a zona assente em rocha e a zona que se situa por cima da garagem, ao nível do 1º piso.

Com o propósito de haver uma melhoria térmica que forneça conforto aos moradores, o objetivo passa por colocar no teto da garagem, um teto falso com isolamento térmico em lã de rocha, como o da figura que se segue.



1 – Soalho estrutural; 2 – Viga em madeira; 3 – Sistema de fixação;

4 – Lã de rocha em manta; 5 – Placas de gesso cartonado.

Figura 7.1. – Teto falso da marca PLADUR na zona do teto da garagem.

Como se pode constatar na figura 7.1., o sistema considerado é da marca PLADUR e é igual ao considerado no teto do 1º piso (ver capítulo 4). É composto por isolamento em lã de rocha (espessura = 80 mm), que permite melhorias em termos térmicos e acústicos, e por 2 placas de gesso cartonado, suportadas por um sistema que se fixa nas vigas de madeira.

7.3. PAREDES DO 1º PISO EM GESSO CARTONADO

Tal como já foi analisado no capítulo 4, a materialização das paredes de compartimentação para a nova arquitetura será em gesso cartonado. O sistema proposto, 120 (90) MW, da marca PLADUR, envolve montantes metálicos, com a referência M-90, que permitem a colocação de lã mineral (espessura = 9 cm). A lã mineral confere o isolamento térmico e acústico necessários para o conforto dos habitantes. À sua volta são colocadas placas em gesso cartonado com 15 mm de espessura.

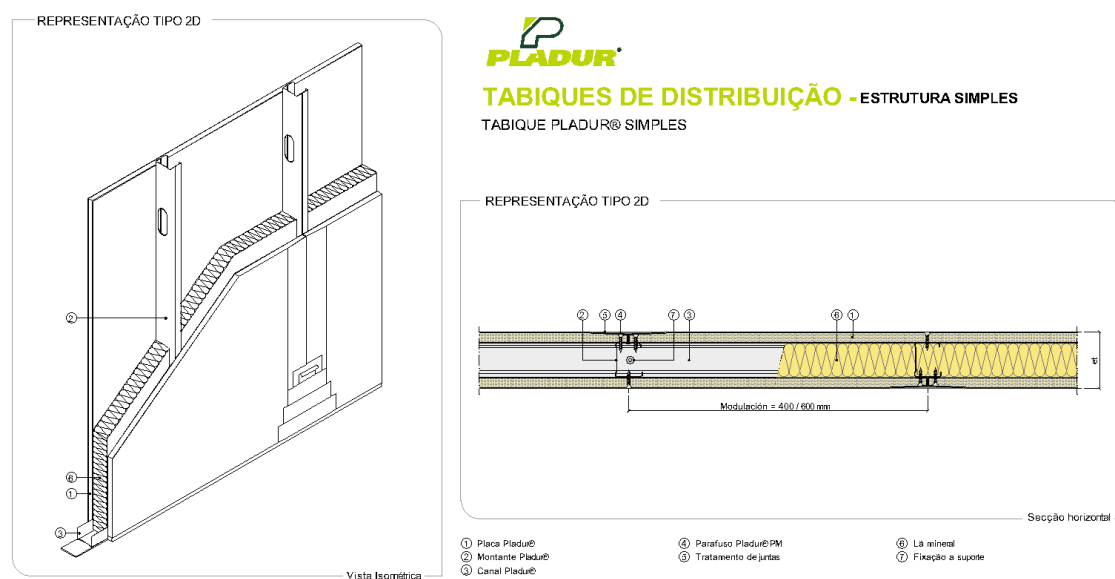


Figura 7.2. – Parede de gesso cartonado da marca PLADUR, [11].

7.4. TETO FALSO EM GESSO CARTONADO NO 1º PISO

No capítulo 4 foi proposto colocar o teto falso, a executar no teto do 1º piso, em gesso cartonado. O teto referido (figura 7.3.), da marca PLADUR com a referência T-45/2 x 15 F MV, envolve 2 placas de gesso cartonado com 15 mm de espessura, fixadas por um sistema às linhas da asna ao longo da habitação. Este sistema permite a passagem de cabos elétricos, com o auxílio de uma esteira, e a instalação de um sistema de iluminação mais moderno.

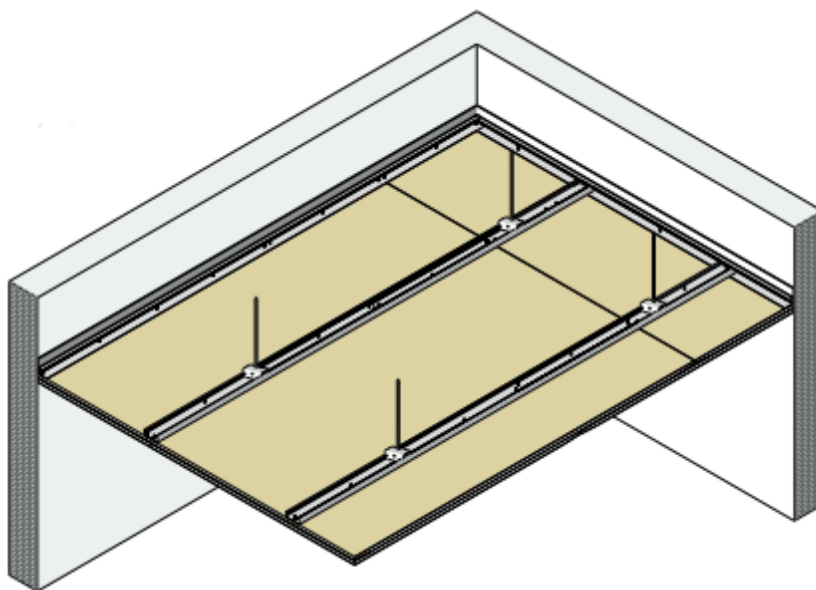


Figura 7.3. – Teto falsa em gesso cartonado da marca PLADUR, com a referência T-45/2 x 15 F MV, [10].

Para conferir melhorias do ponto de vista da térmica e da acústica da casa, sobre as duas placas de gesso cartonado, é colocada lã mineral, a qual confere ao sistema bons resultados no que toca à segurança contra possíveis incêndios (EI 60).

7.5. PASSADIÇO NA COBERTURA

De maneira a que a nova cobertura tenha durabilidade, é necessária a sua manutenção. Esta manutenção implica o acesso à cobertura pelo interior, de modo a que se consiga analisar a existência, ou não, de infiltrações, telhas partidas, entre outras anomalias.

Assim sendo, propõe-se a criação de um passadiço na cobertura, que permita o acesso pelo interior. O passadiço em madeira está em planta na figura 7.4., em pormenorização transversal na figura 7.5. e na figura 7.6. em pormenorização longitudinal.

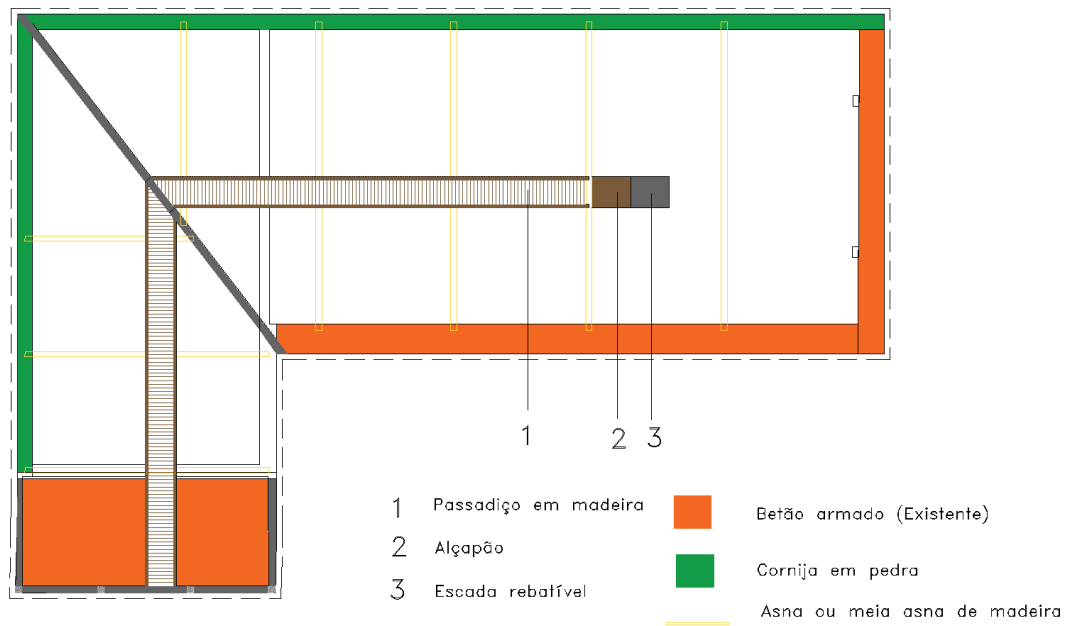
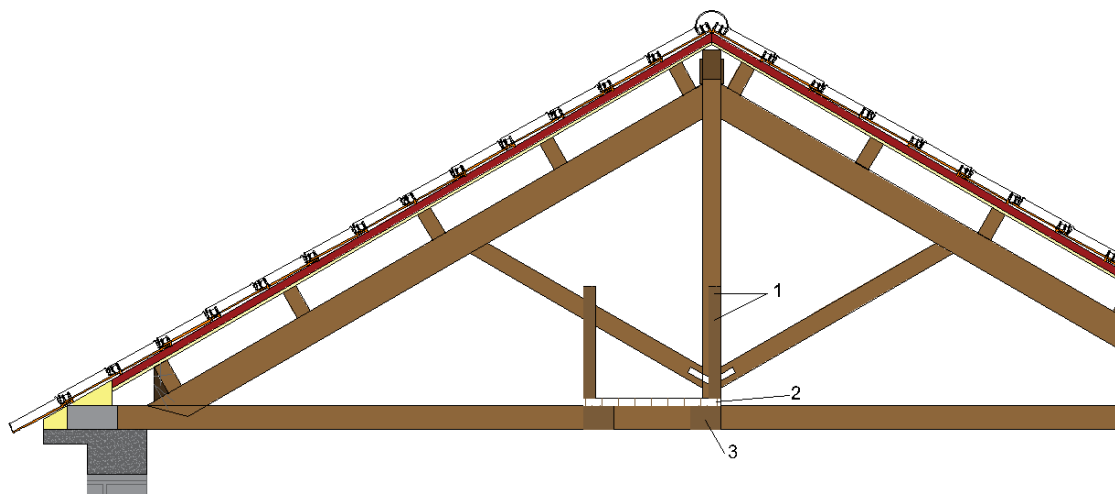


Figura 7.4. – Planta da cobertura com passadiço em madeira.



1 – Guarda em madeira; 2 – Soalho em madeira; 3 – Vigas mestras em madeira.

Figura 7.5. – Vista transversal da cobertura com passadiço em madeira.

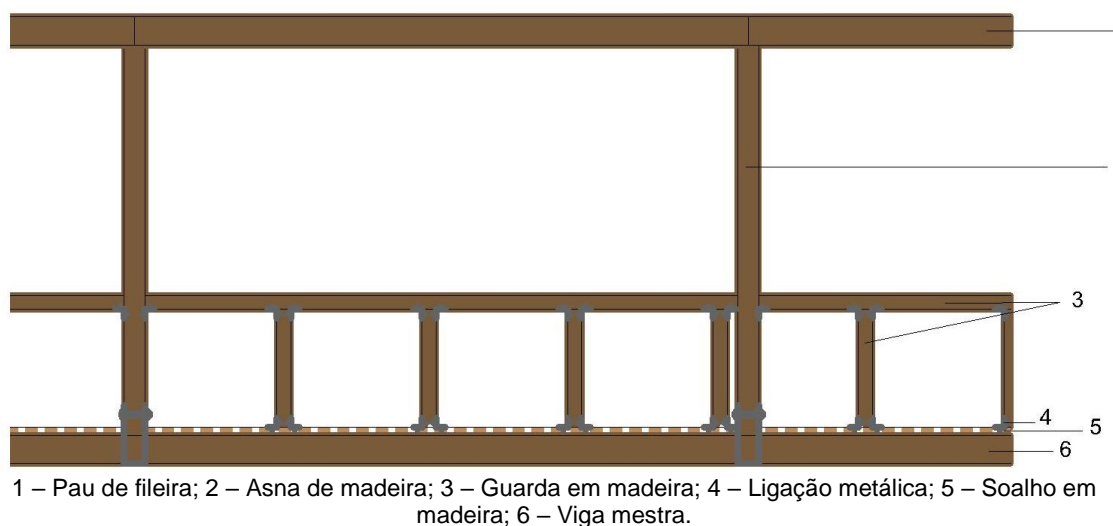


Figura 7.6. – Pormenor longitudinal do passadiço em madeira entre asnas.

Como se pode deparar nas figuras anteriores, para a materialização do passadiço são necessárias 2 vigas mestras em madeira, com comprimento igual ao espaçamento entre asnas ($L = 3,50$ m) e fixadas a estas, que se prolongam ao longo da cobertura da habitação. Sobre as vigas é aplicado um soalho também em madeira. De forma a que a passagem seja efetuada de forma segura, deverão ser colocadas guardas em madeira.

Na zona do corredor deverá ser colocado um alçapão com uma escada rebatível, que permita este acesso à cobertura. Através de uma análise de mercado, foi escolhida uma escada da marca LEROY MERLIN, com a referência 16951403, tal como a da figura 7.7..



Figura 7.7. – Escada recolhível da marca LEROY MERLIN, com a referência 16951403, [23].

7.6. TRATAMENTO DE ÁGUA

No capítulo 6 foi abordada a possibilidade de realizar tratamento de água, uma vez que não se conhece a tubagem mais a montante e o início da captação, podendo assim as águas captadas estarem infetadas com agentes microbiológicos.

A primeira recomendação neste subcapítulo incide na realização de um estudo mais aprofundado da qualidade da água. Posto isto, passa-se para o tratamento mais indicado. A marca NOVIGO, por exemplo, confere o tratamento das águas provenientes de minas em 3 tipos, [24]:

- Desinfecção da água, por ultra violeta, por hipoclorito de sódio, por ozono ou por dióxido de cloro;
- Osmose, que utiliza o princípio da osmose inversa para separar um soluto com pouca massa molecular do solvente, através de uma membrana permeável;
- Química, com recurso a descalcificadores, desferrizadores, desmineralização, neutralização e produtos químicos.

O tratamento de água, em todo o caso, está ligado ao depósito/reservatório. Portanto, é igualmente recomendável a limpeza destes aparelhos periodicamente.

8

CONCLUSÃO

8.1. JUSTIFICAÇÃO DO CUMPRIMENTO DOS OBJETIVOS

A desertificação e êxodo rural presentes nas regiões mais interiores de Portugal nas últimas décadas, levaram a que muitos edifícios históricos nestas zonas caíssem em ruína. Fica nas mãos das famílias ou de promotores independentes, quer por motivos económicos, quer por motivos patriarcais, que o património associado a vilas históricas, como Celorico de Basto, se perpetue ao longo do tempo.

Assim, a presente dissertação tinha como objetivo contribuir para o processo de reabilitação do edificado, de que Celorico de Basto está tão carente.

A possível reabilitação da casa de Ferreirós é um exemplo de que uma metodologia pouco intrusiva e de custo, à partida, relativamente baixo, pode voltar a dar representatividade e qualidade a edifícios devolutos, esquecidos no tempo, carregados de história. Para além disso, esta metodologia permite manter, de certa forma, inalterada a sua estrutura arquitetónica de origem, mas ao mesmo tempo, melhorar de forma muito significativa a sua habitabilidade.

A presente dissertação foi, sobretudo, motivada pelo desejo do autor de mostrar a sua Vila natal, as potencialidades da região e, acima de tudo, ajudar a preservar o património familiar que passou de geração em geração até aos dias de hoje.

Este tipo de trabalhos, ligados ao restauro e à reabilitação, é muito entusiasmante, uma vez que à medida que o projeto se vai realizando, o edifício a intervir vai ganhando uma nova vida e “alma” na cabeça dos técnicos que estão a realizar o trabalho, o que aconteceu de forma bem clara com o autor.

Apesar de serem intervenções bastante complexas, devido à pré-existência do edifício, cada projeto torna-se único, o que faz que não se possa aplicar sempre a mesma metodologia de abordagem. Cada caso é um caso.

Ainda assim, nota-se que os edifícios mais antigos carecem, e muito, de informações sobre a sua arquitetura e estrutura, o que faz com que o trabalho inicial seja fulcral e praticado por profissionais experientes.

O capítulo 3, associado ao levantamento arquitetónico, estrutural, construtivo e a inspeção e diagnóstico das anomalias, e o capítulo 4, associado à definição da nova arquitetura e espaços a intervir, serviram de base para os restantes capítulos (5, 6 e 7).

O software ROBOT, utilizado no capítulo 5, é uma ferramenta bastante útil no cálculo de esforços. No entanto, é necessário conhecimento para a modelação da estrutura e para a definição de cargas, de modo a que a estrutura seja solicitada corretamente e que o modelo de cálculo adotado se aproxime o mais possível da realidade. O Eurocódigo 5, que o programa também usa, é uma norma bastante conservativa no que toca aos coeficientes de segurança e à simultaneidade de esforços, sendo necessário depois interpretar e adaptar o melhor possível os outputs do programa. Mesmo assim, verificou-se segurança na estrutura considerada, muito por esta ter elementos de madeira com secções relativamente grandes, na fase inicial, e pela colocação de um grande conjunto de madres.

Tendo em conta o acima referido, considera-se que os objetivos a que o autor se propôs, foram cumpridos.

8.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

No final, e relativamente ao estudo de caso, este poderia ser complementado abordando projetos de outras especialidades, relativas ao processo de restauro e de reabilitação de edifícios, de forma mais exaustiva. Um outro complemento passaria por se fazer uma estimativa orçamental e um estudo de viabilidade económica relativamente à solução proposta.

A dificuldade em obter informação do edifício junto da Câmara Municipal de Celorico de Basto, leva a crer que este processo seja um problema frequente, pelo que deveria ser proposta uma acção de melhoria no município associada à atualização do arquivo municipal, no que se refere às habitações, quintas e outro património mais relevante da Vila.

Esta dissertação acaba por ser um modelo a utilizar em processos de restauro de edifícios mais antigos. O edifício que é objeto de estudo tem ainda o potencial de poder vir a ser facilmente reabilitado para ser usado com fins de turismo de habitação rural ou agro-turismo, já que possui áreas generosas no seu edifício principal e existem diversos outros edifícios e construções rurais associadas ao edifício principal com muito boas aptidões para restauro e reabilitação.

Assim, o modelo aqui seguido, acaba por poder ser utilizado para a revitalização do património edificado das Terras de Basto ou para a dinamização económica da mesma.

Por fim, outro ponto interessante a explorar poderia ser desenvolver um projeto de manutenção (com trabalhos periódicos de limpeza e vistoria) do conjunto edificado, ao nível de edifícios e outras edificações bem como definir um modelo sustentado e sustentável do local ao nível da agricultura, floresta, nascentes e linhas de água, existentes na “quinta” original, e que se encontram hoje em dia em geral abandonados. Há muito a fazer nesta quinta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Portal da Câmara Municipal de Celorico de Basto. Património. Disponível em: <http://www.mun-celoricodebasto.pt/pt/patrimonio>.
- [2] Celorico de Basto – Digital. Foral de Celorico de Basto. Disponível em: <http://www.celoricodigital.pt/2010/03/foral-de-celorico-de-basto.html>.
- [3] Portal da Câmara Municipal de Celorico de Basto. Rota do Românico. Disponível em: <http://www.mun-celoricodebasto.pt/pt/rota-do-romanico>.
- [4] CM Celorico de Basto, *Plano Diretor Municipal – Relatório da proposta do plano*, 2014.
- [5] Appleton, J., *Reabilitação de Edifícios Antigos – Patologias e tecnologias de intervenção*, vol. 1ª ed. Alfragide: Edições Orion, 2003.
- [6] COSTA, F. Pereira da. *Enciclopédia prática da construção civil*. Lisboa: Editora Gráfica Portuguesa, 1955.
- [7] CERÂMICAS TORREENSE. Especificações Técnicas Telha Lusa. Disponível em: <http://www.ceramicatorreense.pt/inicio/telhados/telha-lusa/especificacoes-tecnicas-telha-lusa/>.
- [8] ONDULINE. Subtelha ST50. Disponível em: <https://pt.onduline.com/produtos/sistema-de-subtelha/subtelha-st50-para-telha-lusa-marselha-ou-betao>.
- [9] JULAR MADEIRAS. Kronoply. Disponível em: <https://www.jular.pt/files/pdfs/82/OSB-placas-paineis-pt.pdf>.
- [10] PLADUR. Tetos. Disponível em: <https://www.pladur.pt/pt-pt/sistemas/tetos>.
- [11] PLADUR. Tabiques de Distribuição. Disponível em: <https://www.pladur.pt/pt-pt/sistemas/tabiques-de-distribuicao>.
- [12] GERCIMA. Janela em madeira. Disponível em: https://www.gercima.com.pt/ver-produto.php?cat_port=7.
- [13] GERCIMA. Porta de Sacada. Disponível em: https://www.gercima.com.pt/ver-produto.php?cat_port=3.
- [14] Standardization, E.C.f., *Structural timber - strength classes EN 338: 2009*. Brussels, Belgium: CEN, 2009.
- [15] CEN, *EN 1995-1:2004, Eurocode 5: Design of timber structures*. Brussels, 2004.
- [16] Portugal. Instituto Português da Q., *Eurocódigo 1 ações gerais NP EN 1991-1-1: 2009 Parte 1-1 pesos volúmicos, pesos próprios, sobrecargas em edifícios*. Caparica: IPQ, 2009.
- [17] Portugal. Instituto Português da Q., *Eurocódigo 1 ações em estruturas Parte 1-4 ações gerais. Ações do vento NP EN 1991-1-4:2010/A1: 2010*. Caparica: IPQ, 2010.

- [18] Portugal. Instituto Português da, Q., *Eurocódigo 0- Bases para o projecto de estruturas NP EN 1990: 2009*. Caparica: IPQ, 2009.
- [19] Portugal. Instituto Português da, Q., *Eurocódigo 5: projecto de estruturas de madeira NP ENV 1995-1-1: 1998 Parte 1.1 regras gerais e regras para edifícios*. Monte da Caparica: IPQ, 1998.
- [20] Barbosa, F.A.C., *Reabilitação de um Edifício em Matosinhos – Estudo de Caso*, Dissertação de Mestrado, FEUP, 2015.
- [21] LEROY MERLIN. Reservatório horizontal 1000 L. Disponível em: https://www.leroymerlin.pt/Produtos/Construcao/Escoamento-de-agua/WPR_REF_15966650.
- [22] SANITOP. Soluções Domésticas 2019 – GRUNDFOS. Disponível em: [https://www.sanitop.pt/portals/1/Imagens/servicos/Downloads/Solucoes_Domesticas_2019\(I\).pdf](https://www.sanitop.pt/portals/1/Imagens/servicos/Downloads/Solucoes_Domesticas_2019(I).pdf).
- [23] LEROY MERLIN. Escada de sótão recolhível. Disponível em: https://www.leroymerlin.pt/Produtos/Madeiras/Escadas/Escadas-de-sotao/WPR_REF_16951536.
- [24] NOVIGO. Tratamento de Água. Disponível em: <https://www.novigo.pt/tratamento-de-aguas>.

OUTRA BIBLIOGRAFIA

- [25] Portugal. Instituto Português da, Q., *Eurocódigo 2 – Projeto de estruturas de betão NP EN 1992-1-1: 2010 Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios*. Caparica: IPQ, 2010.
- [26] Negrão, J., Faria, J.A.. *Projecto de estruturas de madeira*. Publindústria, Edições Técnicas, 2009.
- [27] Freitas, V., *Manual de apoio ao projecto de reabilitação de edifícios antigos*. Porto: Ordem dos Engenheiros da Região Norte, 2012;
- [28] República, D.d., *Decreto-Lei 23/95 - Regulamento Geral de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais*. 1995.
- [29] Abrantes, V., Silva, M., Sousa, V.S., *Manual de Aplicação de Telhas Cerâmicas*, Coimbra, 1998.
- [30] Luis, J.C.S.C., *Reabilitação no Centro Histórico de Melgaço – Estudo de Caso*, Dissertação de Mestrado, FEUP, 2018.
- [31] Costa, J.M.R., *Nova Biblioteca Municipal de Caminha*, Dissertação de Mestrado, FEUP, 2015.

- [32] Paiva, P.S.B.M.A., *Reabilitação de Edifício na Rua de Fernando de Tomás, Porto – Estudo de Caso*, Dissertação de Mestrado, FEUP, 2018.
- [33] Coelho, A.R.R., *Reabilitação de Edifício na Rua Ponte Nova, Porto – Estudo de Caso*, Dissertação de Mestrado, FEUP, 2017.
- [34] Capela, J.A.D.C.Q., *Reabilitação no Centro Histórico de Vila Real – Estudo de Caso*, Dissertação de Mestrado, FEUP, 2016.
- [35] Queiroz, P.I.C., *Reabilitação de Edifício em Ervedosa do Douro – Estudo de Caso*, Dissertação de Mestrado, FEUP, 2017.

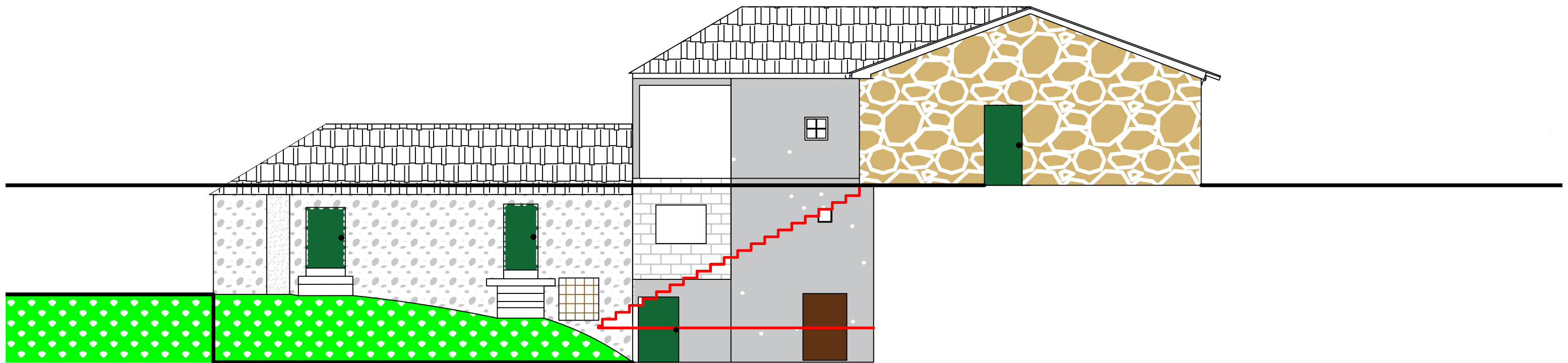
ANEXOS

A1

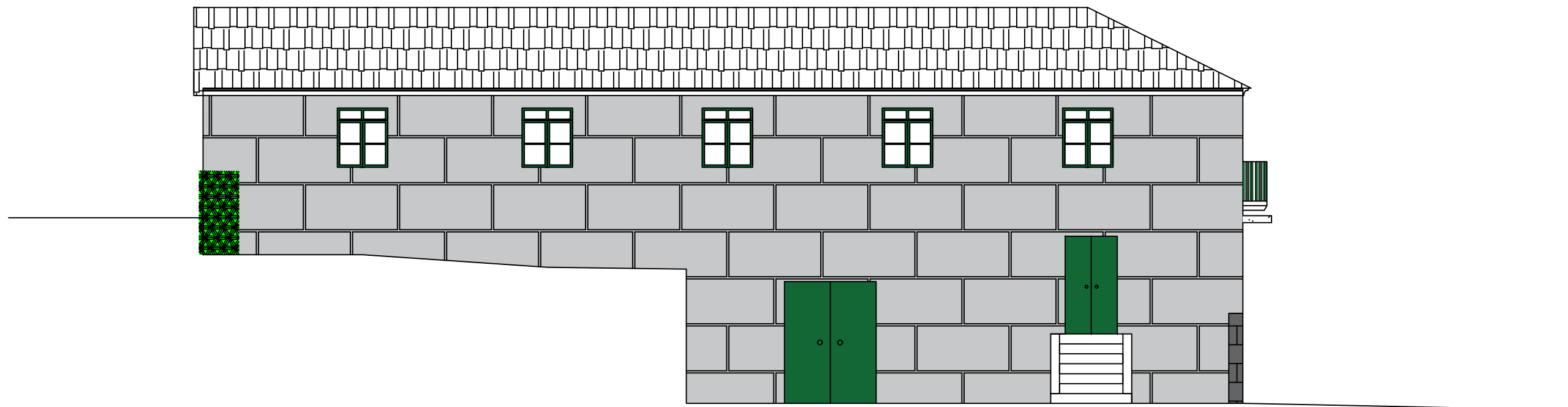
Alçados do Levantamento do Edifício



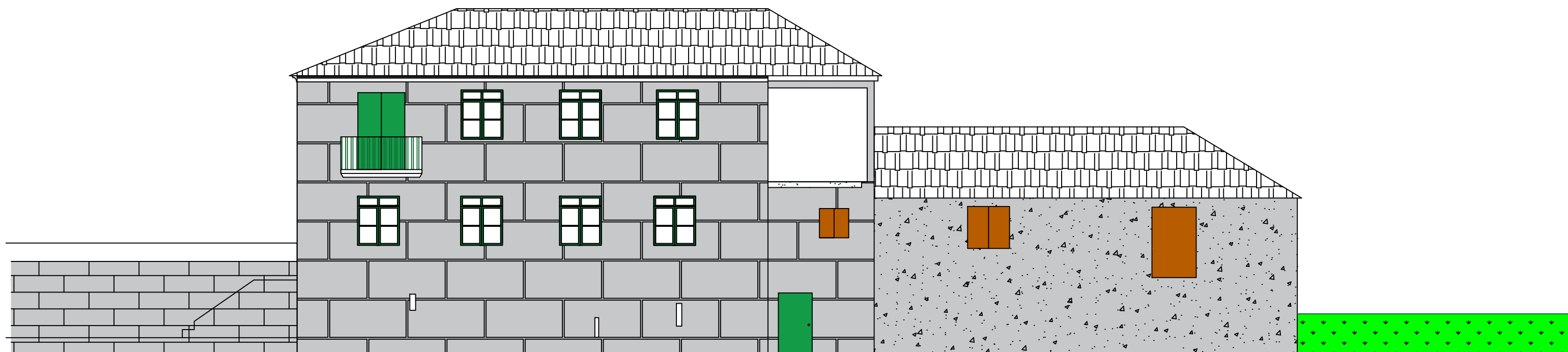
Escala 1:100



Escala 1:100



Escala 1:100



Escala 1:100

A2

Dimensionamento da rede de abastecimento de água - Excel

ÁGUA FRIA

Troço em análise	L (m)	Qa (L/s)	Qc (L/s)	Dc (mm)	Dcom (mm)	U (m/s)	Jcont (mca/m)	dH (mca)	h(mca)	Pm (mca)	Pj (mca)
0-1	10.7	1.06	0.54	23.41	25	0.69	0.03	0.30	-0.10	2.00	1.70
1--2	6.17	1.06	0.54	23.41	25	0.69	0.03	0.17	-2.75	4.45	4.28
2--R	2.85	1.06	0.54	23.41	25	0.69	0.03	0.08	-2.00	6.28	6.20
R--R								0.01		6.20	6.20
R--B								0.01	-0.15	6.35	6.34
B--B								0.01	-26.30	32.64	32.63
B--3	2.03	1.06	0.54	23.41	25	0.69	0.03	0.06	0.00	32.63	32.58
3--4	0.58	1.06	0.54	23.41	25	0.69	0.03	0.02	11.05	21.53	21.51
4--5	1.00	1.06	0.54	23.41	25	0.69	0.03	0.03		21.51	21.48
4--6	2.70	0.95	0.51	22.76	25	0.65	0.03	0.07		21.51	21.44
6--7	0.60	0.95	0.51	22.76	25	0.65	0.03	0.02		21.44	21.43
7--8	1.00	0.85	0.48	22.12	25	0.61	0.02	0.02		21.43	21.40
8--9	0.90	0.75	0.45	21.42	20	0.90	0.06	0.05		21.40	21.35
6--10	1.70	0.50	0.37	19.30	20	0.73	0.04	0.07		21.35	21.28
10--11	0.80	0.5	0.37	19.30	20	0.73	0.04	0.03		21.28	21.25
10--12	0.80	0.4	0.33	18.23	20	0.65	0.03	0.03		21.26	21.23
10--13	4.80	0.2	0.23	15.26	16	0.71	0.05	0.25		21.26	21.01

ÁGUA QUENTE

Troço em análise	L (m)	Qa (L/s)	Qc (L/s)	Dc (mm)	Dcom (mm)	U (m/s)	Jcont (mca/m)	dH (mca)	h(mca)	Pm (mca)	Pj (mca)
E--12	0.4	0.66	0.42	20.73	25	0.54	0.02	5.01		21.20	16.19
12--13	5.00	0.20	0.23	15.26	16	0.71	0.05	0.26		16.19	15.93
12--10	1.35	0.46	0.35	18.89	20	0.70	0.04	0.05		15.93	15.88
10--8	1.25	0.35	0.30	17.61	20	0.61	0.03	0.04		15.88	15.85
8--9	0.90	0.2	0.23	15.26	16	0.71	0.05	0.05		15.85	15.80
10--5	4.25	0.11	0.17	13.08	16	0.52	0.03	0.13		15.80	15.67

A3

Notas de cálculo - ROBOT

CÁLCULOS DE ESTRUTURA DE MADEIRA

CÓDIGO: [EN 1995-1:2004/A2:2014](#)
TIPO DE ANÁLISE: [Verificação de membro](#)

GRUPO DE CÓDIGO:

MEMBRO: 34 Membro de madeira_34

PONTO: 3

COORDENADAS: $x = 1.00$ $L = 1.91$ m

CARGAS:

Caso de carga atuante: 10 ELU1 $(1+2+3)*1.35+(7+8+9)*1.50$

MATERIAL MADEIRA

$g_M = 1.30$ $f_{m,0,k} = 18.00$ MPa $f_{t,0,k} = 11.00$ MPa $f_{c,0,k} = 18.00$ MPa
 $f_{v,k} = 2.00$ MPa $f_{t,90,k} = 0.50$ MPa $f_{c,90,k} = 2.20$ MPa $E_{0,moyen} = 9000.00$ MPa
 $E_{0,05} = 6000.00$ MPa $G_{moyen} = 560.00$ MPa Classe do serviço: 1 Beta c = 1.00



PARÂMETROS DA SEÇÃO: ESCORA

$h_t = 12.0$ cm $A_y = 96.00$ cm² $A_z = 96.00$ cm² $A_x = 144.00$ cm²
 $b_f = 12.0$ cm $I_y = 1728.00$ cm⁴ $I_z = 1728.00$ cm⁴ $I_x = 2915.1$ cm⁴
 $t_w = 6.0$ cm $W_y = 288.00$ cm³ $W_z = 288.00$ cm³
 $t_f = 6.0$ cm

TENSÕES

$\sigma_{c,0,d} = N/A_x = 6.50/144.00 = 0.45$ MPa
 $\sigma_{m,y,d} = M_y/W_y = 0.48/288.00 = 1.66$ MPa
 $\sigma_{m,z,d} = M_z/W_z = 0.00/288.00 = 0.01$ MPa
 $\tau_{y,d} = 1.5*0.02/144.00 = 0.00$ MPa
 $\tau_{z,d} = 1.5*-0.45/144.00 = -0.05$ MPa
 $\tau_{tort,d} = 0.00$ MPa, $\tau_{torz,d} = 0.00$ MPa

TENSÕES TOLERÁVEIS

$f_{c,0,d} = 8.31$ MPa
 $f_{m,y,d} = 8.69$ MPa
 $f_{m,z,d} = 8.69$ MPa
 $f_{v,d} = 0.92$ MPa

Fatores e parâmetros adicionais

$k_m = 0.70$ $k_h = 1.05$ $k_{mod} = 0.60$ $K_{sys} = 1.00$ $k_{cr} = 0.67$



PARÂMETROS DE FLAMBAGEM LATERAL:

PARÂMETROS DE FLAMBAGEM:



Em torno de eixo Y:



Em torno do eixo Z:

FÓRMULAS DE VERIFICAÇÃO:

$(\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} + k_m*\sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d} = 0.19 < 1.00$ (6.19)

$(\tau_{y,d}/k_{cr} + \tau_{t,y,d}/k_{shape})/f_{v,d} = 0.00 < 1.00$
1.00 (6.13-4)

$(\tau_{z,d}/k_{cr} + \tau_{t,z,d}/k_{shape})/f_{v,d} = 0.08 <$

Seção OK !!!

CÁLCULOS DE ESTRUTURA DE MADEIRA

CÓDIGO: EN 1995-1:2004/A2:2014

TIPO DE ANÁLISE: Verificação de membro

GRUPO DE CÓDIGO:

MEMBRO: 35 Membro de madeira_35

PONTO: 3

COORDENADAS: $x = 1.00$ $L = 1.91$ m

CARGAS:

Caso de carga atuante: 10 ELU1 $(1+2+3)*1.35+(7+8+9)*1.50$

MATERIAL MADEIRA

$g_M = 1.30$

$f_{m,0,k} = 18.00$ MPa

$f_{t,0,k} = 11.00$ MPa

$f_{c,0,k} = 18.00$ MPa

$f_{v,k} = 2.00$ MPa

$f_{t,90,k} = 0.50$ MPa

$f_{c,90,k} = 2.20$ MPa

$E_{0,moyen} = 9000.00$

MPa

$E_{0,05} = 6000.00$ MPa

$G_{moyen} = 560.00$ MPa

Classe do serviço: 1

Beta $c = 1.00$



PARÂMETROS DA SEÇÃO: ESCORA

$h_t = 12.0$ cm

$b_f = 12.0$ cm

$t_w = 6.0$ cm

$t_f = 6.0$ cm

$A_y = 96.00$ cm²

$I_y = 1728.00$ cm⁴

$W_y = 288.00$ cm³

$A_z = 96.00$ cm²

$I_z = 1728.00$ cm⁴

$W_z = 288.00$ cm³

$A_x = 144.00$ cm²

$I_x = 2915.1$ cm⁴

TENSÕES

$\sigma_{c,0,d} = N/A_x = 6.57/144.00 = 0.46$ MPa

$\sigma_{m,y,d} = M_y/W_y = 0.47/288.00 = 1.64$ MPa

$\sigma_{m,z,d} = M_z/W_z = 0.00/288.00 = 0.01$ MPa

$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot -0.02/144.00 = -0.00$ MPa

$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot -0.44/144.00 = -0.05$ MPa

$\tau_{t,y,d} = 0.00$ MPa, $\tau_{t,z,d} = 0.00$ MPa

TENSÕES TOLERÁVEIS

$f_{c,0,d} = 8.31$ MPa

$f_{m,y,d} = 8.69$ MPa

$f_{m,z,d} = 8.69$ MPa

$f_{v,d} = 0.92$ MPa

Fatores e parâmetros adicionais

$k_m = 0.70$

$k_h = 1.05$

$k_{mod} = 0.60$

$K_{sys} = 1.00$

$k_{cr} = 0.67$



PARÂMETROS DE FLAMBAGEM LATERAL:

PARÂMETROS DE FLAMBAGEM:

Em torno de eixo Y:



Em torno do eixo Z:

FÓRMULAS DE VERIFICAÇÃO:

$$(\text{Sig}_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + \text{Sig}_{m,y,d}/f_{m,y,d} + k_m \cdot \text{Sig}_{m,z,d}/f_{m,z,d} = 0.19 < 1.00 \quad (6.19)$$

$$(\text{Tau}_{y,d}/k_{cr} + \text{Tau}_{tort,y,d}/k_{shape})/f_{v,d} = 0.00 < 1.00 \quad (\text{Tau}_{z,d}/k_{cr} + \text{Tau}_{tort,z,d}/k_{shape})/f_{v,d} = 0.08 < 1.00 \quad (6.13-4)$$

Seção OK !!!

CÁLCULOS DE ESTRUTURA DE MADEIRA

CÓDIGO: [EN 1995-1:2004/A2:2014](#)

TIPO DE ANÁLISE: [Verificação de membro](#)

GRUPO DE CÓDIGO:

MEMBRO: 172
m

PONTO: 2

COORDENADAS: x = 0.50 L = 1.75

CARGAS:

Caso de carga atuante: 10 ELU1 (1+2+3)*1.35+(7+8+9)*1.50

MATERIAL MADEIRA

gM = 1.30	f _{m,0,k} = 18.00 MPa	f _{t,0,k} = 11.00 MPa	f _{c,0,k} = 18.00 MPa
f _{v,k} = 2.00 MPa	f _{t,90,k} = 0.50 MPa	f _{c,90,k} = 2.20 MPa	E _{0,moyen} = 9000.00 MPa
E _{0,05} = 6000.00 MPa	G _{moyen} = 560.00 MPa	Classe do serviço: 1	Beta _c = 1.00



PARÂMETROS DA SEÇÃO: MADRE

ht=20.0 cm	Ay=133.33 cm ²	Az=133.33 cm ²	Ax=200.00 cm ²
bf=10.0 cm	Iy=6666.67 cm ⁴	Iz=1666.67 cm ⁴	Ix=4573.7 cm ⁴
tw=5.0 cm	Wy=666.67 cm ³	Wz=333.33 cm ³	
tf=5.0 cm			

TENSÕES

Sig_{t,0,d} = N/Ax = -1.11/200.00 = -0.06 MPa
Sig_{m,y,d} = MY/Wy = -0.16/666.67 = -0.25 MPa
Sig_{m,z,d} = MZ/Wz = -0.02/333.33 = -0.05 MPa
Tau_{y,d} = 1.5*0.00/200.00 = 0.00 MPa
Tau_{z,d} = 1.5*-0.01/200.00 = -0.00 MPa
Tau_{tort,y,d} = 0.00 MPa, Tau_{tort,z,d} = 0.00 MPa

TENSÕES TOLERÁVEIS

f_{t,0,d} = 5.51 MPa
f_{m,y,d} = 8.31 MPa
f_{m,z,d} = 9.01 MPa
f_{v,d} = 0.92 MPa

Fatores e parâmetros adicionais

km = 0.70 kh = 1.08 kmod = 0.60 Ksys = 1.00 kcr = 0.67



PARÂMETROS DE FLAMBAGEM LATERAL:

PARÂMETROS DE FLAMBAGEM:



Em torno de eixo Y:



Em torno do eixo Z:

FÓRMULAS DE VERIFICAÇÃO:

$\text{Sig}_{t,0,d}/f_{t,0,d} + \text{Sig}_{m,y,d}/f_{m,y,d} + k_m \cdot \text{Sig}_{m,z,d}/f_{m,z,d} = 0.04 < 1.00 \quad (6.17)$

$(\text{Tau}_{y,d}/k_{cr} + \text{Tau}_{t,0,d}/k_{shape})/f_{v,d} = 0.00 < 1.00 \quad (6.13-4)$ $(\text{Tau}_{z,d}/k_{cr} + \text{Tau}_{t,0,d}/k_{shape})/f_{v,d} = 0.00 < 1.00$

Seção OK !!!

CÁLCULOS DE ESTRUTURA DE MADEIRA

CÓDIGO: [EN 1995-1:2004/A2:2014](#)

TIPO DE ANÁLISE: [Verificação de membro](#)

GRUPO DE CÓDIGO:

MEMBRO: 188 Membro de madeira_188

PONTO: 1

COORDENADAS: x = 0.00 L = 0.00 m

CARGAS:

Caso de carga atuante: 10 ELU1 (1+2+3)*1.35+(7+8+9)*1.50

MATERIAL MADEIRA

gM = 1.30

f_{m,0,k} = 18.00 MPa

f_{t,0,k} = 11.00 MPa

f_{c,0,k} = 18.00 MPa

f_{v,k} = 2.00 MPa

f_{t,90,k} = 0.50 MPa

f_{c,90,k} = 2.20 MPa

E_{0,moyen} = 9000.00

MPa

E_{0,05} = 6000.00 MPa

G_{moyen} = 560.00 MPa

Classe do serviço: 1

Beta_c = 1.00



PARÂMETROS DA SEÇÃO: PENDURAL

ht=12.0 cm

bf=12.0 cm

tw=6.0 cm

tf=6.0 cm

A_y=96.00 cm²

I_y=1728.00 cm⁴

W_y=288.00 cm³

A_z=96.00 cm²

I_z=1728.00 cm⁴

W_z=288.00 cm³

A_x=144.00 cm²

I_x=2915.1 cm⁴

TENSÕES

$\text{Sig}_{t,0,d} = N/Ax = -17.43/144.00 = -1.21 \text{ MPa}$
 $\text{Sig}_{m,y,d} = MY/Wy = -0.00/288.00 = -0.01 \text{ MPa}$
 $\text{Sig}_{m,z,d} = MZ/Wz = -0.08/288.00 = -0.28 \text{ MPa}$
 $\text{Tau}_{y,d} = 1.5 \cdot 0.06/144.00 = 0.01 \text{ MPa}$
 $\text{Tau}_{z,d} = 1.5 \cdot 0.00/144.00 = 0.00 \text{ MPa}$
 $\text{Tau}_{t,0,d} = 0.00 \text{ MPa}$, $\text{Tau}_{t,0,z,d} = 0.00 \text{ MPa}$

TENSÕES TOLERÁVEIS

$f_{t,0,d} = 5.31 \text{ MPa}$
 $f_{m,y,d} = 8.69 \text{ MPa}$
 $f_{m,z,d} = 8.69 \text{ MPa}$
 $f_{v,d} = 0.92 \text{ MPa}$

Fatores e parâmetros adicionais

$k_m = 0.70$ $k_h = 1.05$ $k_{mod} = 0.60$ $K_{sys} = 1.00$ $k_{cr} = 0.67$



PARÂMETROS DE FLAMBAGEM LATERAL:

PARÂMETROS DE FLAMBAGEM:



Em torno de eixo Y:



Em torno do eixo Z:

FÓRMULAS DE VERIFICAÇÃO:

$\text{Sig}_{t,0,d}/f_{t,0,d} + k_m \cdot \text{Sig}_{m,y,d}/f_{m,y,d} + \text{Sig}_{m,z,d}/f_{m,z,d} = 0.26 < 1.00 \quad (6.18)$

$(\text{Tau}_{y,d}/k_{cr} + \text{Tau}_{t,0,y,d}/k_{shape})/f_{v,d} = 0.01 < 1.00$ $(\text{Tau}_{z,d}/k_{cr} + \text{Tau}_{t,0,z,d}/k_{shape})/f_{v,d} = 0.01 < 1.00 \quad (6.13-4)$

Seção OK !!!

CÁLCULOS DE ESTRUTURA DE MADEIRA

CÓDIGO: *EN 1995-1:2004/A2:2014*

TIPO DE ANÁLISE: *Verificação de membro*

GRUPO DE CÓDIGO:

MEMBRO: *190 Membro de madeira_190*

PONTO: *1*

COORDENADAS: *x = 0.00 L = 0.00 m*

CARGAS:

Caso de carga atuante: 10 ELU1 (1+2+3)*1.35+(7+8+9)*1.50

MATERIAL MADEIRA

$g_M = 1.30$ $f_{m,0,k} = 18.00 \text{ MPa}$ $f_{t,0,k} = 11.00 \text{ MPa}$ $f_{c,0,k} = 18.00 \text{ MPa}$
 $f_{v,k} = 2.00 \text{ MPa}$ $f_{t,90,k} = 0.50 \text{ MPa}$ $f_{c,90,k} = 2.20 \text{ MPa}$ $E_{0,moyen} = 9000.00 \text{ MPa}$
 $E_{0,05} = 6000.00 \text{ MPa}$ $G_{moyen} = 560.00 \text{ MPa}$ Classe do serviço: 1 Beta c = 1.00



PARÂMETROS DA SEÇÃO: PERNA

ht=20.0 cm

bf=12.0 cm

tw=6.0 cm

tf=6.0 cm

Ay=160.00 cm²

Iy=8000.00 cm⁴

Wy=800.00 cm³

Az=160.00 cm²

Iz=2880.00 cm⁴

Wz=480.00 cm³

Ax=240.00 cm²

Ix=7209.8 cm⁴

TENSÕES

Sig_{c,0,d} = N/Ax = 43.53/240.00 = 1.81 MPa

Sig_{m,y,d} = MY/Wy = 7.59/800.00 = 9.49 MPa

Sig_{m,z,d} = MZ/Wz = 0.01/480.00 = 0.02 MPa

Tau_{y,d} = 1.5*0.01/240.00 = 0.00 MPa

Tau_{z,d} = 1.5*-3.35/240.00 = -0.21 MPa

Tau_{tory,d} = 0.01 MPa, Tau_{torz,d} = 0.01 MPa

TENSÕES TOLERÁVEIS

f_{c,0,d} = 8.31 MPa

f_{m,y,d} = 8.31 MPa

f_{m,z,d} = 8.69 MPa

f_{v,d} = 0.92 MPa

Fatores e parâmetros adicionais

km = 0.70

kh = 1.05

kmod = 0.60

Ksys = 1.00

kcr = 0.67



PARÂMETROS DE FLAMBAGEM LATERAL:

PARÂMETROS DE FLAMBAGEM:



Em torno de eixo Y:



Em torno do eixo Z:

FÓRMULAS DE VERIFICAÇÃO:

(Sig_{c,0,d}/f_{c,0,d})² + Sig_{m,y,d}/f_{m,y,d} + km*Sig_{m,z,d}/f_{m,z,d} = 1.19 > 1.00 (6.19)

(Tau_{y,d}/kcr+Tau_{tory,d}/kshape)/f_{v,d} = 0.01 < 1.00
1.00 (6.13-4)

(Tau_{z,d}/kcr+Tau_{torz,d}/kshape)/f_{v,d} = 0.35 <

Seção incorreta !!!

CÁLCULOS DE ESTRUTURA DE MADEIRA

CÓDIGO: EN 1995-1:2004/A2:2014

TIPO DE ANÁLISE: Verificação de membro

GRUPO DE CÓDIGO:

MEMBRO: 192 Membro de madeira_192

PONTO: 3

COORDENADAS: x = 0.50 L = 3.66 m

CARGAS:

Caso de carga atuante: 10 ELU1 (1+2+3)*1.35+(7+8+9)*1.50

MATERIAL MADEIRA

$g_M = 1.30$ $f_{m,0,k} = 18.00 \text{ MPa}$ $f_{t,0,k} = 11.00 \text{ MPa}$ $f_{c,0,k} = 18.00 \text{ MPa}$
 $f_{v,k} = 2.00 \text{ MPa}$ $f_{t,90,k} = 0.50 \text{ MPa}$ $f_{c,90,k} = 2.20 \text{ MPa}$ $E_{0,moyen} = 9000.00 \text{ MPa}$
 $E_{0,05} = 6000.00 \text{ MPa}$ $G_{moyen} = 560.00 \text{ MPa}$ Classe do serviço: 1 Beta c = 1.00



PARÂMETROS DA SEÇÃO: linha

$h_t = 16.0 \text{ cm}$ $A_y = 128.00 \text{ cm}^2$ $A_z = 128.00 \text{ cm}^2$ $A_x = 192.00 \text{ cm}^2$
 $b_f = 12.0 \text{ cm}$ $I_y = 4096.00 \text{ cm}^4$ $I_z = 2304.00 \text{ cm}^4$ $I_x = 4989.4 \text{ cm}^4$
 $t_w = 6.0 \text{ cm}$ $W_y = 512.00 \text{ cm}^3$ $W_z = 384.00 \text{ cm}^3$
 $t_f = 6.0 \text{ cm}$

TENSÕES

$\text{Sig}_{t,0,d} = N/A_x = -38.43/192.00 = -2.00 \text{ MPa}$
 $\text{Sig}_{m,y,d} = M_y/W_y = -3.80/512.00 = -7.42 \text{ MPa}$
 $\text{Sig}_{m,z,d} = M_z/W_z = -0.03/384.00 = -0.08 \text{ MPa}$
 $\text{Tau}_{y,d} = 1.5 \cdot -0.01/192.00 = -0.00 \text{ MPa}$
 $\text{Tau}_{z,d} = 1.5 \cdot -5.34/192.00 = -0.42 \text{ MPa}$
 $\text{Tau}_{t,0,d} = 0.00 \text{ MPa}$, $\text{Tau}_{torz,d} = 0.00 \text{ MPa}$

TENSÕES TOLERÁVEIS

$f_{t,0,d} = 5.31 \text{ MPa}$
 $f_{m,y,d} = 8.31 \text{ MPa}$
 $f_{m,z,d} = 8.69 \text{ MPa}$
 $f_{v,d} = 0.92 \text{ MPa}$

Fatores e parâmetros adicionais

$k_m = 0.70$ $k_h = 1.05$ $k_{mod} = 0.60$ $K_{sys} = 1.00$ $k_{cr} = 0.67$



PARÂMETROS DE FLAMBAGEM LATERAL:

PARÂMETROS DE FLAMBAGEM:



Em torno de eixo Y:



Em torno do eixo Z:

FÓRMULAS DE VERIFICAÇÃO:

$\text{Sig}_{t,0,d}/f_{t,0,d} + \text{Sig}_{m,y,d}/f_{m,y,d} + k_m \cdot \text{Sig}_{m,z,d}/f_{m,z,d} = 1.28 > 1.00 \quad (6.17)$

$(\text{Tau}_{y,d}/k_{cr} + \text{Tau}_{t,0,d}/k_{shape})/f_{v,d} = 0.00 < 1.00$ $(\text{Tau}_{z,d}/k_{cr} + \text{Tau}_{torz,d}/k_{shape})/f_{v,d} = 0.68 < 1.00 \quad (6.13-4)$

Seção incorreta !!!

CÁLCULOS DE ESTRUTURA DE MADEIRA

CÓDIGO: EN 1995-1:2004/A2:2014

TIPO DE ANÁLISE: Verificação de membro

GRUPO DE CÓDIGO:**MEMBRO:** 194 Membro de madeira_194**PONTO:** 1**COORDENADAS:** x = 0.00 L = 0.00 m**CARGAS:**

Caso de carga atuante: 10 ELU1 (1+2+3)*1.35+(7+8+9)*1.50

MATERIAL MADEIRA

gM = 1.30 f m,0,k = 18.00 MPa f t,0,k = 11.00 MPa f c,0,k = 18.00 MPa
f v,k = 2.00 MPa f t,90,k = 0.50 MPa f c,90,k = 2.20 MPa E 0,moyen = 9000.00 MPa
E 0,05 = 6000.00 MPa G moyen = 560.00 MPa Classe do serviço: 1 Beta c = 1.00

**PARÂMETROS DA SEÇÃO: PERNA**

ht=20.0 cm
bf=12.0 cm Ay=160.00 cm² Az=160.00 cm² Ax=240.00 cm²
tw=6.0 cm Iy=8000.00 cm⁴ Iz=2880.00 cm⁴ Ix=7209.8 cm⁴
tf=6.0 cm Wy=800.00 cm³ Wz=480.00 cm³

TENSÕES

Sig_c,0,d = N/Ax = 43.10/240.00 = 1.80 MPa
Sig_m,y,d = MY/Wy = 7.47/800.00 = 9.34 MPa
Sig_m,z,d = MZ/Wz = 0.00/480.00 = 0.01 MPa
Tau y,d = 1.5*-0.01/240.00 = -0.00 MPa
Tau z,d = 1.5*-3.60/240.00 = -0.22 MPa
Tau tory,d = 0.00 MPa, Tau torz,d = 0.00 MPa

TENSÕES TOLERÁVEIS

f c,0,d = 8.31 MPa
f m,y,d = 8.31 MPa
f m,z,d = 8.69 MPa
f v,d = 0.92 MPa

Fatores e parâmetros adicionais

km = 0.70 kh = 1.05 kmod = 0.60 Ksys = 1.00 kcr = 0.67

**PARÂMETROS DE FLAMBAGEM LATERAL:****PARÂMETROS DE FLAMBAGEM:**

Em torno de eixo Y:



Em torno de eixo Z:

FÓRMULAS DE VERIFICAÇÃO:
$$(Sig_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + Sig_{m,y,d}/f_{m,y,d} + km * Sig_{m,z,d}/f_{m,z,d} = 1.17 > 1.00 \quad (6.19)$$
$$(Tau_{y,d}/kcr + Tau_{tory,d}/kshape)/f_{v,d} = 0.00 < 1.00 \quad (Tau_{z,d}/kcr + Tau_{torz,d}/kshape)/f_{v,d} = 0.36 < 1.00 \quad (6.13-4)$$
Seção incorreta !!!

